

Aus dem Institut für Landwirtschaftliche Mikrobiologie
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Prof. Dr. H. Glathe — bis Januar 1969
Prof. Dr. E. Küster — ab Januar 1969

Die Bedeutung der direkten Unterbringung des Strohs
in Verbindung mit Kalkstickstoff
für die mikrobiologische Aktivität des Bodens

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

vorgelegt von
B. Sc., Dipl. Landwirt

Mohamed Nabil Alaa El-Din
geb. in Mansoura / V.A.R.

Gießen 1970



Gedruckt
mit Unterstützung des Dtsch.
Acad. Austauschdienstes



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für-Landwirtschaftliche Mikrobiologie
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Prof. Dr. H. Glathe — bis Januar 1969
Prof. Dr. E. Küster — ab Januar 1969

Die Bedeutung der direkten Unterbringung des Strohs
in Verbindung mit Kalkstickstoff
für die mikrobiologische Aktivität des Bodens

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

vorgelegt von
B. Sc., Dipl. Landwirt

Mohamed Nabil Alaa El-Din
geb. in Mansoura / V.A.R.

Gießen 1970

Dekan:

Prof. Dr. WASSMUTH

1. Berichterstatter u. Promotor:

Prof. Dr. GLATHE

2. Berichterstatter:

Prof. Dr. SCHÖNHALS

Mündliche Prüfung: 22.12.1970



" Meiner lieben Lebensgefährtin RAGAA gewidmet "

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Kapitel I : Einleitung	1
Kapitel II : Literaturübersicht	4
Kapitel III : Material und Methodik	9
3.1 Mikrobiologische Methoden	9
3.1.1 Ermittlung der Gesamtkeimzahl auf Bodenextrakt-Agar	9
3.1.2 Ermittlung der Zahl der Pilze auf Malz-Agar	10
3.1.3 Ermittlung der Zahl der Pilze und der Aktinomyzeten auf Bengalrosa-Malz-Agar	10
3.1.4 Ermittlung der Zahl der aeroben Zellulosezerersetzer	10
3.1.5 Ermittlung der Zahl der Azotobakter- zellen auf Mannit-Agar	11
3.2 Messung der mikrobiellen Aktivität	12
3.2.1 Messung der Dehydrogenaseaktivität (D H A) mittels T T C-Reduktion	12
3.2.2 Messung der CO ₂ -Entwicklung	13
3.2.2.1 Nach Methode ISERMEYER	13
3.2.2.2 Mit dem Ultrarotabsorptionsschreiber (U R A S)	13
3.3 Chemische Untersuchungen	14
3.3.1 Wasserstoffionenkonzentration (pH)	14
3.3.2 Ammoniakgehalt (NH ₄)	14
3.3.3 Nitratgehalt (NO ₃)	15
3.4 Versuchsanlagen	15
Kapitel IV : Feldversuche	17
4.1 Standort Wellie	17
4.1.1 Beschreibung von Boden u. Versuchsanlage	17
4.1.2 Untersuchungsergebnisse	19
4.1.2.1 Spätsommer 1966	19
4.1.2.2 Frühjahr 1967	21
4.1.2.3 Spätsommer 1967	23

	Seite
4.2	Standort Wolstorf 26
4.2.1	Beschreibung von Boden u. Versuchsanlage 26
4.2.2	Untersuchungsergebnisse 27
4.2.2.1	Spätsommer 1966 27
4.2.2.2	Frühjahr 1967 29
4.2.2.3	Spätsommer 1967 32
4.3	Standort Hainhaus 35
4.3.1	Beschreibung von Boden u. Versuchsanlage 35
4.3.2	Untersuchungsergebnisse 36
4.3.2.1	Spätsommer 1966 36
4.3.2.2	Frühjahr 1967 38
4.3.2.3	Spätsommer 1967 39
4.4	Standort Ropperode 41
4.4.1	Beschreibung von Boden u. Versuchsanlage 41
4.4.2	Untersuchungsergebnisse 43
4.4.2.1	Spätsommer 1966 43
4.4.2.2	Herbst 1966 45
4.4.2.3	Frühjahr 1967 45
4.4.2.4	Spätsommer 1967 48
4.5	Standort Kleinseelheim 52
4.5.1	Beschreibung von Boden u. Versuchsanlage 52
4.5.2	Untersuchungsergebnisse 53
4.5.2.1	Spätsommer 1966 53
4.5.2.2	Herbst 1966 56
4.5.2.3	Frühjahr 1967 57
4.5.2.4	Spätsommer 1967 60
4.6	Standort Mühlfeld 64
4.6.1	Beschreibung von Boden u. Versuchsanlage 64
4.6.2	Untersuchungsergebnisse 65
4.6.2.1	Reihe ohne Gründüngung 65
4.6.2.1.1	Frühjahr 1967 65
4.6.2.1.2	Spätsommer 1967 68
4.6.2.2	Reihe mit Gründüngung 71
4.6.2.2.1	Frühjahr 1967 71
4.6.2.2.2	Spätsommer 1967 73

	Seite
4.7	Diskussion der Ergebnisse der Feldversuche und Schlußfolgerungen 77
4.7.1	Die Wirkung der direkten Anwendung des Stroh auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens 77
4.7.2	Die Wirkung der Düngung mit Kalkstickstoff (UKa) allein und zu Stroh als N-Ausgleichsdünger auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens 83
Kapitel V :	Gefäßversuche ohne höhere Pflanzen (Gefäßversuch 1) 97
5.1	Vorbereitung und Versuchsanordnung 98
5.2	Untersuchungsergebnisse 100
5.2.1	Der Einfluß der Düngungsvarianten auf die Dehydrogenaseaktivität (DHA) des Bodens 101
5.2.2	auf die CO ₂ -Entwicklung im Boden 104
5.2.3	auf die Gesamtkeimzahlen im Boden 107
5.2.4	auf die Zahl der zellulosezersetzenden Bakterien im Boden 110
5.2.5	auf die Zahl der Pilze im Boden 113
5.2.6	auf die Zahl der Aktinomyceten im Boden 117
5.2.7	auf den Gehalt an freiem Ammoniak im Boden 120
5.2.8	auf den Nitratgehalt im Boden 122
5.2.9	auf die Bodenreaktion (pH) 125
5.3	Schlußfolgerungen 126
Kapitel VI :	Gefäßversuch mit höheren Pflanzen (Spinat, Gefäßversuch 2) 128
6.1	Vorbereitung und Versuchsanordnung 129
6.2	Beschreibung des Wachstums von Algen, Moosen, Unkräutern und Spinatpflanzen 131
6.3	Untersuchungsergebnisse 132
6.3.1	Die Wirkung der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung unter dem Einfluß der verschiedenen biologischen Faktoren auf die Dehydrogenaseaktivität (DHA) des Bodens 133
6.3.2	auf die CO ₂ -Entwicklung im Boden 140
6.3.3	auf die Gesamtkeimzahlen im Boden 152

	Seite
6.3.4	auf die Zahlen der aeroben zellulosezersetzenden Bakterien im Boden 161
6.3.5	auf die Zahl der Azotobakterzellen im Boden 169
6.3.6	auf den Gehalt an freiem Ammoniak im Boden 169
6.3.7	auf den Nitratgehalt des Bodens 177
6.3.8	auf die Bodenreaktion (pH) 190
Kapitel VII :	Diskussion 197
Zusammenfassung	227
Literaturverzeichnis	I-XV

Kapitel I

E i n l e i t u n g

Die Frage der direkten Anwendung des Strohens im Ackerboden war in Deutschland nicht aktuell, weil nur in wenigen viehschwachen Betrieben es früher üblich war, das unverrottete Stroh in den Boden einzuarbeiten (RAUHE, 1968 b). Die Lohn- und Preissteigerung und der Wirtschaftsaufschwung in der Nachkriegszeit Deutschlands machte RANGE (1966) dafür verantwortlich, daß eine Begünstigung des Getreideanbaus - von der Aufwandseite her gesehen - klar erkennbar ist. So weisen die statistischen Jahrbücher über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (von 1961 bis 1969) eine Steigerung der Getreidefläche in Bezug auf die gesamte Ackerntzfläche von 54,8 % in 1951 auf 61,9 % in 1961 auf 66,8 % in 1968 auf. Sie lassen weiterhin erkennen, daß die Zahl der Mährescher in der Zeit von 1953-1961 von 2 486 auf 72 000 und 1968 auf 150 000 gestiegen ist. SANDHOFF (1961) ist der Meinung, daß die gewaltige Steigerung der Zahl der Mährescher im Zusammenhang mit der Herabsetzung der Erntekosten und mit Verzicht auf die Strohbergung (nach BERGMANN ca 60 %) zu der Zunahme von Getreideanbau geführt hat. Durch das Einsetzen des Mähreschers bestehen die arbeitswirtschaftlichen Vorteile nicht nur darin, daß sich die Strohbergung erübrigt, sondern es verringern sich auch die anfallenden Stallmistmengen infolge der verminderten Einstreu (RAUHE, 1968 a).

Die ständige Zunahme der Stroherträge und die Einschränkung des Viehbestandes in Gebieten ohne natürliches Grünland - bedingt durch die steigenden Kosten der Viehhaltung - (REINHARDT 1961) haben im Zusammenhang mit den oben genannten Faktoren das Problem der Strohverwertung besonders akut werden lassen.

Es bieten sich folgende Möglichkeiten zur Verwertung bzw. Beseitigung von Getreidestroh: 1. Verbrennung, 2. Verkauf, 3. Biogas-Gewinnung bzw. Bihudung-Bereitung, 4. für Futterzwecke, 5. Bereitung von Strohkompost, 6. Bereitung von Stallmist und schließlich die direkte Anwendung des Strohens. Für viehschwache bzw. viehlose

Betriebe dürfen die zu 3., 4. und 6. genannten Möglichkeiten nur eine kleine oder sogar keine Rolle spielen. Die Strohverbrennung ist nicht zu empfehlen, weil dadurch die reinmineralisierten organischen Verbindungen ohne Ersatz dem Boden entzogen werden, wonach eine ständige Abnahme des Humusgehaltes zu erwarten ist. Das trifft in verstärktem Maß für die Böden zu, bei denen die Strohernte verkauft wird. Die Errichtung von Anlagen für die Biogas-Gewinnung und der dabei erforderliche hohe Brennstoffbedarf ist nach FRANZ (1960) zu teuer. Bihudung-Bereitung wurde wenig erprobt (BARBIER, 1962). Die Bereitung von Strohkompost erfordert sehr hohen Arbeitsaufwand (SCHEFFER und KLOCKE, 1957); die Rotteverluste sind sehr groß, sie betragen oft mehr als 50 % der Trockensubstanz (MALDER, 1960; BARBIER 1962). LEMMERMAN und GRÜTZ (1949) sowie PATTERSON (1960) kamen nach vergleichenden Untersuchungen mit Strohkompost und direkter Anwendung des Stroh zu der Schlußfolgerung, daß bei gleichem N-Aufwand bei Strohkompost die Verluste an organischer Masse größer und die Erträge geringer waren.

Die Anwendung des Stroh für die Aufbereitung von Stallmist wird künftig eine abnehmende Tendenz zeigen, und zwar dadurch, daß die Rindviehbestände aus betriebswirtschaftlichen Gründen einen Rückgang erlitten haben (RANGE, 1966) und die Bestrebungen sich bereits darauf richten, ganz ohne Einstreu im Viehstall auszukommen; so z.B. durch Haltung der Rinder im Kurzstand oder auf Kotrosten in Verbindung mit Gummimatten (ANSORGE, 1965), durch die die Exkremente fallen. Eine weitere Möglichkeit ist die Schwemmentmistung (RAUEL, 1968 a).

Zieht man die oben genannten Faktoren zusammen, dann teilt man mit SCHULZLANDT und GIERKE (1961), SCHULZLANDT (1961), SANDROFF (1961), RANGE (1966), KLOCKE, 1966 b) die Ansicht, daß die direkte Anwendung des Stroh in den kommenden Jahren eine schnelle Ausbreitung finden wird.

Es lag nun nahe zu untersuchen, welche Wirkungen die direkte Anwendung des Stroh, wie sie in der Praxis durchgeführt wird, auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens ausübt, und zwar kombiniert mit Kalkstickstoff als N-Ausgleichsdünger - bzw.

Gründüngung, wozu auch zum Vergleich die Stallmistdüngung berücksichtigt wurde.

Die für diese Fragestellungen ausgewählten Feldversuche dürften insofern von besonderem Interesse sein, als sie als langjährige Dauerversuche bereits seit 10-12 Jahren in verschiedenen Standorten (von Hannover im Norden bis nach München im Süden) laufen. Durch die laufende Bestimmung von Enzymaktivität, CO_2 -Entwicklung, Mikroorganismenpopulation und schließlich Nitrat- bzw. Ammoniak-N-Bildung im Boden im Laufe der Zeit nach der Strohgabe mit und ohne Gründüngung, mit und ohne N-Ausgleichsdüngung und nicht zuletzt nach Stallmistdüngung, sowohl in Feldversuchen als auch in 2 Gefäßversuchen, können die Ergebnisse vorliegender Arbeit als Beitrag zur Klärung der angeschnittenen Fragen betrachtet werden.

Kapitel II

L i t e r a t u r ü b e r s i c h t

Die Frage der Einarbeitung von unverrottetem Getreidestroh ist keineswegs neu. Obwohl sie bereits im Jahre 1808 von Sir Humphrey DAVY erwähnt wurde und danach von Albrecht THAER (1823) eine Ertragsdepression durch die Strohzufuhr beobachtet wurde, dauerte es fast bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts bis diese Frage eine wissenschaftliche Bedeutung errungen hat, und zwar nachdem SCHNEIDEWIND (1897) als erster sich um die Klärung der Ursachen der möglichen Ertragsdepression bemüht hatte, allerdings erwies sich seine bzw. von LÖNNIS und GREEN (1914) unterstützte Begründung, daß die Mikroorganismen den zugeführten Salpeter etwa durch Denitrifikation zerstört haben, als falsch, denn im Jahre 1921 gelang MURRAY der Nachweis, daß die explosionsartige Vermehrung der Keime nach der Strohzufuhr zu einer vorübergehenden Festlegung des mineralischen Stickstoff in Form von Eiweiß ihrer Zellsubstanz führt. Inzwischen ist die Literatur über die direkte Anwendung von Stroh aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen (z.B. Bodenkunde, Pflanzenbau und Biochemie) sehr umfangreich geworden (teilweise Übersichten, SALERLANDT und GRAFF, 1955; VETTER, 1958; BARBIER, 1962 und SCHMIDT, 1964), die jedoch überwiegend die Fragestellungen aus agrikulturchemischer bzw. ackerbaulicher Hinsicht erörtern. Die Wirkung der Unterbringung von Stroh auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens wurde allerdings wenig erforscht. Noch seltener wurde dieser Wirkung in langjährigen Feldversuchen bzw. in Laborversuchen Beachtung geschenkt.

Gelangen pflanzliche Rückstände (z.B. Stroh) auf oder in den Boden, dann unterliegen sie verschiedenen mikrobiologischen Vorgängen (Abbau-, Aufbau- bzw. Umbauprozesse), deren Geschwindigkeit von der Beschaffenheit des Bodens und von den Umweltfaktoren (Temperatur, Wassergehalt, Reaktion und Luftzufuhr) abhängig sind (u.a. FEHNER und FRANK, 1937 a, b; WAKS AN, 1952; KONOLOVA, 1966 und BECK, 1968). Bei der Zersetzung von Stroh spielt die Mikroflora, infolge der auf die vielseitigen Stoffgruppen des Strohs

(Tab. 1) wachsenden Fülle verschiedener Arten (Bakterien, Pilze und Aktinomyceten), zwar die Hauptrolle, jedoch ist der Mitwirkung der Bodenfauna nach MÜLLER (1965) eine große Bedeutung beizumessen, und zwar dadurch, daß sie a) in erster Linie die Prozesse beschleunigen (TÖRNE, 1966), indem sie das Stroh zerkleinern und mit dem Boden durchmischen (u.a. Collembolen, Milben, Nematoden, Regenwürmer und Enchytraciden) und b) sich an den Abbauprozessen beteiligen (u.a. Flagellaten, Amöben, Ciliaten (auch BICK, 1958) und Nematoden). Weiterhin können nach WERNER (1926) und KÜHNELT (1950) einige Vertreter der Bodenfauna mit Hilfe ihrer Darmbewohner (z.B. zellulolytische Bakterien) sogar schwer angreifbare Substanzen aufschließen.

Die nach- bzw. nebeneinander laufenden Abbau- und Umbauprozesse zielen dahin, die zugeführten organischen Stoffgruppen (Tab. 1) zu solchen Produkten umzuwandeln, die auch zum Aufbau von neuer Zellsubstanz der an der Zersetzung beteiligten Mikroorganismen verwendet werden können. Dabei werden u.a. CO_2 , NH_3 , HO_3 , H_2O , organische insbesondere Aminosäuren usw. freigesetzt (KONONOVA (1966)). Da diese Prozesse von den Enzymen bewirkt werden, sind HOFMANN und HOFFMANN (1955) der Ansicht, daß das Ausmaß dieser Prozesse mehr von der Leistung der im Boden lebenden Mikroorganismen bestimmt wird als von ihren Zahlen. Da die Herkunft der Bodenenzyme nahezu ausschließlich auf Mikroorganismen zurückgeführt werden kann und die Pflanzenwurzeln und Tiere keine nennenswerte Enzymmengen an den Boden abzugeben scheinen (u.a. HOFFMANN, 1959), nahm die Bestimmung von Enzymgehalten bzw. Aktivitäten, als Kriterium für die mikrobiologische Aktivität, stets mehr an Bedeutung zu.

THALMANN (1967) kam nach einer umfangreichen Literaturübersicht zu der Schlußfolgerung, daß fast alle Mikroorganismen im Boden Dehydrogenase-Enzymsysteme besitzen bzw. in der Lage sind, TTC*) zu TPF**) zu reduzieren. Weiterhin stützte er die Feststellung von PAULI (1965), daß die Aussagekraft der Bestimmung

*) TTC = Triphenyl-Tetrazolium-Chlorid;

**) TFF = Triphenyl-Formazan.

T a b e l l e 1

Die Zusammensetzung von Getreidestroh und einige Bodenbewohner in % der Trockensubstanz.

(aus verschiedener Literatur zusammengestellt)

	Wasser- gehalt	Asche	Wachse, Fette u. Harze	Hemizellulose u. wasserlösl. Kohlenhydrate	Zellulose	Lignin	Protein	Gesamt N n. Kahe 1968	C/N Verhält. n. Scheffer u. Ulrich 1960	Literatur- angabe
Weizen- stroh	10,5 *	2,10	1,10	21,92	39,10	21,60	3,53	0,47	87 - 100	Tenney und Waksman
Roggen- stroh	13,5 *	3,20	1,26	22,80	26,22	19,80	3,50 *	0,50	72 - 79	Tenney und Waksman
Getreidestroh allgemein	11 - 15 *	3 - 7 *	1,90	22,45	27,25	18,83	2 - 5 *	0,46 - 0,66	55 - 100	Pichard
Moose	75 - 85 **	1 - 15 **	-	30 - 60	15 - 25	kein(?)	5 - 10	10 **	5 **	Kononova (1966)
Algen	75 - 85 **	1 - 15 **	-	50 - 60	5 - 10	kein	10 - 15	10 **	5 **	Kononova (1966)
Bakterien	75 - 85 **	1 - 15 **	-	Schleim	kein	kein	40 - 70	10 **	5 **	Kononova (1966)
Boden- humus	-	-	12,44	3,44	2,98	13,65	-	2,15	-	Pichard

* Zur Ergänzung aus Scheffer und Ulrich (1960) entnommen.

** Zur Ergänzung aus Müller (1965) entnommen

(Tenney und Waksman; Pichard wurden nach Waksman 1952 zitiert

der Dehydrogenaseaktivität (im folgenden DHA abgekürzt) "overall enzymtest" für die Beurteilung der mikrobiologischen Aktivität des Bodens größer ist als die Bestimmung jener Enzyme, die nur gewisse eng begrenzte Stoffgruppenumsetzungen katalysieren (z.B. Saccharase, Urease usw.). Demgegenüber können außer Dehydrogenasen viele andere Enzyme bzw. Enzymsysteme TTC reduzieren (z.B. Aminoxydase, Xanthinoxydase, NADH-Cytochrom C Reduktase und Hefediaphorase).

Die positive Wirkung organischer Düngung auf die Keimzahl eines Bodens wurde mehrfach festgestellt (RUBSAM et al, 1962; STEIN-BRENNER, 1963 u. 1965; ANSORGE, 1966 a und GLATHE und THALMANN 1970 c). In ihrer umfangreichen Literaturübersicht beschäftigten sich GLATHE und GLATHE(1966) u.a. mit dem Einfluß von Düngung und Klima auf die Mikroflora des Bodens.

Über die Wirkung organischer Düngung, insbesondere der Strohzufuhr auf die anderen Merkmale der mikrobiologischen Aktivität des Bodens, z.B. Bodenatmung (O_2 -Aufnahme und CO_2 -Entbindung) und Enzymaktivität wurde zwar viel veröffentlicht insbesondere in den letzten 20 Jahren (u.a. KOEPF 1950-1966; HOFMANN, 1952-1955; LENHARD, 1956-1962 und THALMANN, 1967, siehe auch das Sammelreferat von DOMSCH, 1963), jedoch wurde die Dynamik dieser Wirkung auf die Bodenatmung (KOEPF, 1954 b; SCHAFFER, 1954; NICOLAISEN et al., 1957 und THALMANN 1967) nur wenig erforscht. Noch weniger sind die Angaben über die Dynamik einer solchen Wirkung auf die DHA (STEVENSON, 1959 und 1962 und THALMANN 1967) vorhanden. Die Wirkung der Unterbringung von Stroh, Stalldung und Gründüngung auf die Erträge wurde auch im Rahmen der Untersuchungen von Bodenfruchtbarkeit zwar vielfach erörtert (u.a. MAEDER, 1960; ANSORGE, 1966 b, c, 1967; RAUHE, 1955-1968 d und RARGE, 1966; NIESCHLAG, 1970 und v. BOGUSLAWSKI, 1970), im Zusammenhang mit dem einen oder anderen Merkmal der mikrobiologischen Aktivität des Bodens wurde sie jedoch nur selten dargestellt (GAISTJAN, 1962; SCHMIDT und UNGER, 1968 und UNGER et al., 1968). In diesem Zusammenhang sei auf die Arbeiten von GLATHE und THALMANN (1970 a, b u. c) verwiesen, in denen u.a. die Beziehungen zwischen organi-

scher Düngung, mikrobiologischer Aktivität und Erträgen diskutiert wurde.

Bei der Unterbringung von Getreidestroh (C:N-Verhältnis 1:56-109,3 nach KOEPPF, 1956, s. auch Tab. 1) empfiehlt sich eine N-Ausgleichsdüngung in Höhe von etwa 1 kg N/dz zugeführtes Stroh zu geben, um den mikrobiellen Abbau zu fördern und eine eventuelle Ertragsdepression zu verhindern (u.a. KICK, 1955, 1957, 1961; SCHAFFLER, u. ECKOLT, 1959, 1960; SCHMALFUSS und KOLBE, 1959 und v. BOGUS-LAWSKI, 1964, 1970).

Als N-Ausgleichsdünger zur Einarbeitung von Stroh wird der Kalkstickstoff auch wegen seiner Herbizid- und Fungizidwirkungen von vielen Autoren bevorzugt (u.a. BARBIER, 1962; SCHMALFUSS, 1963 und RAUHE, 1968 b), insbesondere der ungeölte Kalkstickstoff (im folgenden UKa abgekürzt).

Die Befürchtungen, daß der Kalkstickstoff die Mikroorganismen im Boden vorübergehend dezimiere (u.a. REMY, 1906; ALLISON, 1924; KUHN und DRECHSEL, 1928; WOLFF und WOLF, 1930; HAENSELER und ROYER, 1937; MÜLLER, 1955; KUHI, 1963), bedürfen wegen der Widersprüche in der Literatur einer Klärung (GLATHE 1970 a u. b).

Kapitel III

Material und Methoden

3.1 Mikrobiologische Methoden

Die mikrobiologische Untersuchung der Bodenmikroflora sollte die Zahlen folgender Organismengruppen erfassen: Gesamtkeimzahl, Pilze, Aktinomyceten und Zellulosezerersetzer. Beim zweiten Gefäßversuch wurde die Ermittlung der Pilz- und Aktinomycetenzahlen eingestellt und die der Azotobacterzahlen durchgeführt. Außer der Zahl der Zellulosezerersetzer wurden die Keimzahlen nach der Methode Koch auf Agarplatten bestimmt. Jeweils 20 g frischer Boden wurde mit 180 ml 0,18 % Natriumpyrophosphat (später beim Gefäßversuch II 50 g Boden in 450 ml) 1 Stunde durch Rotation (50 U/min.) geschüttelt und darauf dezimal verdünnt (10^{-1} - 10^{-7}). Folgende Nährböden wurden mit 1 ml Suspension/Platte bzw. Röhrchen beimpft:

3.1.1 Bodenextrakt-Agar nach JAMES (1958): Zur Ermittlung der Gesamtkeimzahl.

Bodenextrakt	1000 ml (500 g Göttinger Lössboden zu 1500 ml Leitungswasser)
K_2HPO_4	0,2 g
Agar	20 g
pH	7,0-7,2

Sterilisation: Autoklavieren bei 1 atü ($121^{\circ}C$) für 30 Min. Es wurden mit den Verdünnungen 10^{-6} und 10^{-7} jeweils 4 Platten beimpft, bei $25^{\circ}C$ bebrütet, nach 7 Tagen ausgewertet und auf Mill. Keime/g ofentrockenen Boden umgerechnet.¹⁾

1) = bei $105^{\circ}C$ bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

3.1.2 Malz-Agar (Pilzstandardnährboden)

Biomalz	20 ml
Agar	20 g
Leitungswasser	1000 ml
pH	4,5-5

Sterilisation: Autoklavieren bei 1 atü (121°C) für 10 Min.

Mit den Verdünnungen 10^{-3} , 10^{-4} und 10^{-5} wurden jeweils 4 Platten beimpft, bei 25°C bebrütet, nach 3 Tagen ausgewertet und auf Tausend Keime/g ofentrockenen Boden umgerechnet.

3.1.3 Bengal Rosa-Malz-Agar nach OTTOW und GLATHE (1968) zur Ermittlung von Pilz- und Aktinomyceten-Zahl.

Biomalz	20 g
KH_2PO_4	0,5 g
Bengalrosa	67 mg (1 Part in 15 000)
Spurenelemente (Fe^{2+} , Mn, Cu, Zn, Mo, B, Co)	jeweils 1 ppm (als lösliche nicht Nitratsalze)
Agar	20 g
Leitungswasser	1000 ml
pH	6,0-6,2

Sterilisation: Autoklavieren bei 1 atü (121°C) für 10 Min.

Zur Ermittlung der Pilze wurden jeweils 4 Platten mit den Verdünnungen 10^{-3} und 10^{-4} beimpft, bei 25°C bebrütet, nach 7 Tagen ausgewertet und auf Tausend/g ofentrockenen Boden umgerechnet. Für Aktinomyceten wurden die Verdünnungen 10^{-4} und 10^{-5} verwendet, nach 10 Tagen Bebrütung ausgewertet und auf Mill. Keime/g ofentrockenen Boden umgerechnet.

3.1.4 Nährlösung für aerobe Zellulosezersetzer

NaNO_3	0,5 g
K_2HPO_4	1,0 g

Mg SO ₄ · 7H ₂ O	0,5 g
KCl	Spuren
Fe SO ₄	Spuren
Aquadest.	1000 ml

Sterilisation: Autoklavieren bei 1 atü (121° C) für 10 Min.

Streifen aus Filterpapier, die zur Hälfte in die Nährlösung eintauchten, dienten als Zellulosequelle. Mit den Verdünnungen 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁶ und 10⁻⁷ wurden jeweils 3 Röhrchen beimpft, bei 25° C bebrütet. Nach 4 Wochen wurde die wahrscheinlichste Keimzahl "Most Probable Number" (MPN/ml) der Zellulose-zersetzer nach den Tabellen von Mc CRADY (s. Tabelle POCHON und TARDIEUX, 1962) ermittelt und MPN je g ofentrockenen Boden errechnet.

3.1.5 Mannit-Agar: Zur Ermittlung der Zahl der Azotobacterzellen.

Fe SO ₄	0,04 g
Na ₂ M _o O ₄	0,02 g
K ₂ HPO ₄	0,75 g
K H ₂ PO ₄	0,25 g
Mg SO ₄ · 7H ₂ O	0,50 g
Ca CO ₃	3,00 g
Mannit	20,0 g
Bodenextrakt	50 ml
Spurenelement- lösung nach HOGLAND	10 ml
Agar	12,0 g
Leitungswasser	940 ml
pH	7,2

Sterilisation: Im Dampftopf bei 100°C für $3/4$ Stunde kochen, nach 24 und 48 Stunden wurde dieses Verfahren wiederholt.

Jeweils 4 Platten wurden mit den Verdünnungen 10^{-1} bis 10^{-4} beimpft, bei 25°C bebrütet und nach 7 Tagen ausgewertet.

3.2 Messungen der mikrobiellen Aktivität

3.2.1 Messung der Denyrogenaseaktivität (DdA) mittels Triphenyl-Tetrazolium-Chlorid (TTC-Reduktion)

Zur Messung der TTC-Reduktion wurde die von THALMANN (1967) weiter entwickelte Methode nach LEHARDT (1956) verwendet.

5 g naturfeuchter (oder lufttrockener bzw. wiederbefeuchteter), gesiebter und gut gemischter Boden wurden in Reagenzgläser (2 cm Ø ca 45 ml Inhalt), eingewogen. Dazu wurde 5 ml 0,5 %ige TTC-Lösung gegeben und intensiv mit dem Boden verrührt. Die Reagenzgläser wurden dann mit Gummistopfen, die möglichst wenig Farbe abgeben, verschlossen und 24 Stunden bei 30°C bebrütet. Dann wurden 25 ml Lösungsmittel (90 % Aceton+10 % Tetrachlorkohlenstoff) mit der sog. Schnepfe zugegeben, um die Reaktion zum Stillstand zu bringen und das gebildete Triphenylformazan (TFP) extrahiert. Nach kräftigem Schütteln wurde die Suspension 2 Stunden im Dunkeln unter wiederholtem Umschütteln stehengelassen. Anschließend wurde durch Faltenfilter filtriert und die TFP-Konzentration im Filtrat kolorimetrisch bei 546 nm bestimmt (mit Lösungsmittel als Bezug). Nach Abzug der Extinktionswerte der dabei gleichzeitig gelösten Farbstoffe des Bodens (Boden ohne TTC mit Lösungsmittel extrahiert) wurden die Extinktionswerte mit dem Faktor (aus der erstellten Eichkurve mit gelöstem TFP in dem Lösungsmittel errechnet) multipliziert und auf TFP/19 g ofentrockenen Boden umgerechnet. Der Trispuffer, in dem das TTC gelöst wurde, wurde je nach dem pH der Böden wie folgt angesetzt:

a. Für saure Böden ($\text{pH} < 6,0$)

324 ml 0,2 n HCl + 12,114 g Tris-(Hydroxymethyl-)aminomethan, mit H_2O auf 1 l aufgefüllt (pH 7,8 bei 30°C);

b. Bei Böden mit $\text{pH} > 6,0$

373 ml 0,2 n HCl + 12,114 g Tris (pH 7,6 bei 30°C).

Für jede DHA-Messung wurden 5 Parallelen angesetzt.

3.2.2 Messung der CO_2 -Entwicklung

Die CO_2 -Entwicklung von den aus den Feldversuchen stammenden Bodenproben wurde mittels 2 Methoden bestimmt, nämlich 1. nach Methode ISERMEYER (1952) und 2. mit einem Ultrarotabsorptionsschreiber (URAS). Wegen der geringen Genauigkeit der ersten Methode wurde auf sie bei den Gefäßversuchen verzichtet.

3.2.2.1 Messung der CO_2 -Entwicklung nach Methode ISERMEYER (1952)

100 g naturfeuchter Boden wurden in Perlonbeutel eingewogen und in Weckgläsern, die anschließend verschlossen wurden, über 100 ml n/20 KOH gehängt. Nach 48 Std. Bebrütung bei 25°C wurde das in der KOH aufgefangene CO_2 mit n/20 HCl durch Doppeltitration (a. Phenolphthalin, b. Methylorange) bestimmt und auf 100 g ofentrockenen Boden berechnet. Für jede Bestimmung wurden 2 Weckgläser angesetzt und 4 Titrationen durchgeführt.

3.2.2.2 Messung der CO_2 -Entwicklung mit dem Ultrarotabsorptionsschreiber (URAS)

Diese Messungen wurden wie bei THALMANN (1967) beschrieben, durchgeführt und zwar: mittels Membranpumpen wurde kontinuierlich CO_2 -freie Luft (in Trockentürmen mit NaOH-Plättchen von CO_2 befreit) nach Befeuchten in Waschflaschen mit 1,5 %iger H_2SO_4 durch 200-300 g naturfeuchten bzw. wiederbefeuchteten Boden, der sich in Trockentürmen befand, gepumpt, wodurch eine intensive Durchströmung der Bodensäule gewährleistet wurde.

Die Luftmenge wurde mit Nadelventilen auf 20 L/Std. eingestellt und mit Strömungsmesser kontrolliert. Die mit CO_2 aus dem Boden angereicherte Luft wurde über eine Gefrierfalle zum Entfernen des Wassers dem Ultrarotabsorptionsschreiber zugeführt. Durch einen Punktschreiber wurden die CO_2 -Konzentrationen registriert. Die CO_2 -Werte wurden von der 4. bis 23. Stunde ausgewertet, indem in Abständen von einer Stunde die Werte abgelesen, anhand einer Eichkurve in ppm_v/CO_2 umgerechnet, addiert und auf 100 g ofentrockenen Boden umgerechnet wurden. Mit der Apparatur konnte die CO_2 -Entwicklung in elf Bodenproben gleichzeitig gemessen werden. Der Luftstrom wurde nach Durchströmen der Proben durch Magnetventile so gesteuert, daß der Luftstrom jeweils einer Probe dem URAS zugeleitet und der der anderen 10 Proben bzw. der der Kontrolle nach außen geleitet wurde. Jede Probe wurde in Abständen von 36 Minuten 3 Minuten lang analysiert.

3.3 Chemische Untersuchungen

3.3.1 Die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration des Bodens (pH) wurde elektrometrisch (Radiometer pH-Meßgerät) mit einer Glaselektrode und einer gesättigten Kalomelelektrode als Bezugshalbzelle in einer Bodenaufschlämmung (10 g naturfeuchter bzw. wiederbefeuchteter Boden + 25 ml n/10 KCl; nach 30 Minuten gemessen.

3.3.2 Der NH_4 -Gehalt wurde durch Destillation von 5 g Boden mit MgO in einer Suspension einer $\frac{\text{N}}{1}$ KCl-Lösung und durch Auffangen in Borsäure titrimetrisch bestimmt (BREMER 1965). Die Ergebnisse wurden auf mg Rein-Stickstoff je 100 g ofentrockenen Boden umgerechnet.

3.3.3 Zur Bestimmung des NO_3 -Gehaltes wurden aliquote Mengen der Bodenproben zu Extraktion des Nitrats mit einer 1 %igen Kalium-Aluminium-Sulfat-Lösung geschüttelt (BALKS und REEKSERS 1955), zum Absetzen stehen gelassen und filtriert. Im klaren Filtrat wurde das Nitrat mit der Natriumsalicylat-Methode (nach der Vorschrift der Deutschen Einheitsverfahren zur Wasser-Abwasser- und Schlammuntersuchung 1960) colorimetrisch bestimmt. Die Ergebnisse wurden auf mg Rein-Stickstoff je 100 g ofentrockenen Boden umgerechnet.

3.4 Versuchsanlagen

Aus den seit 10-12 Jahren von der Forschungsstelle der "Forschungsgemeinschaft der Kalkstickstofferzeuger" angelegten Feldversuchen wurden 6 Feldversuche ausgewählt. Es handelt sich hier um Feldversuche die die Wirkung von Stroh, Kalkstickstoff und Stallmist auf Boden und Ertrag erfassen sollten. Sie wurden nach einem - den örtlichen Verhältnissen angepaßten und daher nicht ganz - einheitlichen Plan angelegt. Folgende Düngungsvarianten wurden angewendet:

- I. ohne Stroh, ohne Kalkstickstoff (Kontrolle)
- II. ohne Stroh, + einfache Gabe ungeölter Kalkstickstoff (UKa_1)¹⁾
- III. Stroh, ohne Kalkstickstoff
- IV. Stroh, + einfache Gabe Kalkstickstoff (UKa_1)
- V. Stroh, + erhöhte Gabe Kalkstickstoff (UKa_2) (fehlt bei einigen Versuchen)
- VI. Stallmist (fehlt bei einigen Versuchen).

Je nach Höhe der Strohernte wurden in den entsprechenden Parzellen das frische Stroh eingearbeitet. Im allgemeinen betrug die Strohgabe 50-60 dz/ha. Das gehäckselte Stroh wurde zunächst auf dem Boden liegen gelassen und vor Winter zusammen mit Kalkstickstoff als N-Ausgleichsdünger eingearbeitet. Manchmal wurde Kalkstickstoff auch im Frühjahr gegeben. Die einfache Kalkstickstoffgabe (UKa_1) betrug 40 bzw. 60 kg N/ha und die erhöhte (UKa_2) 60 bzw. 120 kgN/ha

1) = ungeölter Kalkstickstoff.

in Abhängigkeit von der angebauten Frucht. Die Grunddüngung mit Kalium und Phosphor war bei allen Varianten gleich und wurde nach den Gegebenheiten des Standorts und der Frucht bemessen. Getreide erhielten auf allen Parzellen im Frühjahr zusätzlich 30 bzw. 40 kg N/ha in Form von schwefelsaurem Ammoniak als Kopfdüngung bei Hackfrucht dagegen 80 kg N/ha.

Um den Einfluß der Gründüngung bzw. seine Kombinationen mit der direkten Anwendung des Stroh auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens zusätzlich erfassen zu können, wurde auch der Strohdüngungsfeldversuch "Mühlfeld" Weißenstephan in die Untersuchungen einbezogen. Weitere Einzelheiten über die Standorte und die Versuchsanwendung werden jeweils vor der Besprechung der Ergebnisse erläutert. Die Entnahme und die Vorbereitung der Bodenproben wurden bei den einzelnen Standorten gleichmäßig und bei den Düngungsvarianten gleichzeitig wie folgt durchgeführt:

Von jeder Parzelle wurde mittels eines kleinen Pürkhauerbohrers aus Krumentiefe (0-20 cm) 20 Einzelproben entnommen. Die Einzelproben der vier Wiederholungen jeder Variante wurden gemischt und auf 3-5 mm je nach Feuchtigkeitsgehalt gesiebt. Der Boden wurde in naturfeuchtem Zustand untersucht.

Hinsichtlich der Dehydrogenaseaktivität (DHA) und der CO₂-Entwicklung bei den Feldversuchen stellt die Arbeit eine Fortsetzung der Untersuchungen von THALMANN 1967 dar.

Kapitel IV

Feldversuche

In der Tab. 2 sind einige Angaben über die verarbeiteten Feldversuche zusammengestellt.

4.1 Standort Wellie

4.1.1 Beschreibung von Boden und Versuchsanlage

In einer Höhe von 30 m über NN liegt das Versuchsfeld "Wellie" 30 km westlich von Hannover in der Norddeutschen Tiefebene und hat im Durchschnitt 670 mm Jahresniederschlag. Der Boden (Parabraunerde auf Dilluvium) ist ein schluffiger Sand (uS). THALMANN (1967) bezeichnete ihn als fruchtbar, wegen seines hohen Gehalts an Ton (7,9 %), C (1,0 %), N (0,10 %) und des hohen T-Wertes (6,5 mval) und gab ihm den Fruchtbarkeitsfaktor 54 (vgl. Tab. 2). Der Versuch umfaßte die folgenden fünf Varianten:

- I. ohne Stroh, ohne Kalkstickstoff (Kontrolle)
- II. + Stroh (60 dz/ha), + Kalkstickstoff
(UKa* 60 kg N/ha) im Herbst (Stroh+UKa Herbst)
- III. + Stroh (60 dz/ha), ohne Kalkstickstoff (Stroh allein)
- IV. + Stroh (60 dz/ha), + Kalkstickstoff
(UKa 60 kg N/ha), im Frühjahr (Stroh+UKa Frühjahr)
- V. + Stallmist (250 dz/ha).

Die Versuchsglieder I - IV waren im lateinischen Quadrat angeordnet (Teilstückgröße 5 X 10 = 50 qm). Die Stallmistparzellen (V) lagen als Langparzellen an der Seite der Versuchsanlage. Folgende Fruchtfolge wurde durchgeführt:**

1957	<u>Kartoffeln</u>	1963	<u>Hafer</u>
1958	<u>Winterroggen</u>	1964	<u>Winterroggen</u>
1959	<u>Sommergerste</u>	1965	<u>Sommernemenge</u>
1960	<u>Winterroggen</u>	1966	<u>Winterroggen</u>

* UKa = ungeölter Kalkstickstoff

** Zu den unterstrichenen Früchten wurde im Herbst des Vorjahres Stroh gegeben. Diese Angabe gilt für alle Feldversuche.

T a b e l l e 2

Einige Eigenschaften der untersuchten Böden

Standort	Bodentyp	Bodenart	C-, N-Geh. %	pH	T-H-Wert mval/100 g Boden	Ca CO ₃ im Jahre (bis Frühj. 1967)	Angelegt Strohgabe (bis Frühj. 1967)			
Wellie Krs.Hannover	Parabraunerde	Schluffiger Sand (uS)	1,02	0,1	5,5	6,5	2,3	0	1957	10 mal
Wolstorf Krs.Helmstedt	Cercozam Parabraunerde	Lehmiger Schluff (lu)	1,2	0,1	6,8	10,8	0,2	0	1957	8 "
Hainhaus Krs.Hannover	Heide-Podsol	Schluffiger Sand (uS)	2,65	0,15	5,7	7,0	3,0	0	1959	6 "
Ropperode Krs. Kassel	Parabraunerde	Lehmiger Schluff (lu)	1,15	0,11	6,5	10,7	1,1	0	1958	5 "
Kleinseeleheim Krs.Marburg	Parabraunerde	Lehmiger Schluff (lu)	1,0	0,11	5,1	7,5	2,3	0	1958	7 "
Mühlfeld/ Weihenstephan Krs.München	Braunerde	sandiger Lehm (sL)	1,25	0,12	6,75	11,1	0,2	0	1958	5 "

1961 Sommergemenge

1967 Hafer

1962 Winterroggen

1968 Wintergerste

Die getreidereiche Fruchtfolge hatte vor der ersten Probeentnahme im Spätsommer 1966 bereits 10 mal Stroh bzw. Kalkstickstoff erhalten. 60 dz/ha gehäckseltes Stroh von der Vorfrucht "Winterroggen", das nach der Ernte auf dem Boden lag, wurde am 10.8.1966 in den Varianten II, III, IV eingearbeitet, wobei zu der Variante II auch im Spätsommer (am 10.8.1966) 60 kg N/ha als Kalkstickstoff zugegeben wurde. Variante IV erhielt diese Kalkstickstoffmenge aber erst im Frühjahr 1967 (3.3.1967). Variante V hatte Stallmist im Jahre 1954 (gemeinsam mit den anderen Versuchsvarianten als letzte Stallmistgabe) und im Jahr 1957 zu Kartoffeln erhalten.

Im Sommer 1966 wurde Lihoraps als Zwischenfrucht gebaut und am 30.9.1966 also 7 Wochen nach der Stroh- bzw. UKa-Gabe erfolgte die Entnahme der ersten Bodenproben. ca 6 Monate danach (am 25.4.1967) wurde die zweite Probenserie entnommen (unter Hafer als Hauptfrucht).

Die dritte Probenahme wurde am 17.8.1967 (eine Woche nach der Einbringung des Haferstrohs in den Varianten II, III und IV bzw. nach der Kalkstickstoffdüngung zu der Variante II) durchgeführt.

4.1.2 Untersuchungsergebnisse (Tab. 3)

4.1.2.1 Spätsommer 1966 (Probenahme am 30.9.1966)

a. Dehydrogenaseaktivität (DHA): Durch Strohgabe (III) konnte weder eine Erhöhung noch ein statistisch gesichertes Absinken der gemessenen TPF-Werte (DHA) erreicht werden. Nach der Düngung mit Kalkstickstoff (UKa) zu Stroh (II und IV) wurden noch niedrigere Werte als bei Stroh allein (III) gemessen. Erstaunlich war es, daß der Wert der Variante mit Stallmist (V) sehr deutlich über allen übrigen Werten lag, obwohl die letzte Stallmistdüngung vor 10 Jahren gegeben worden war.

Tabelle 3 Standort wellie

Mikrobiologische Aktivität des Bodens im Spätsommer 1966 und im Frühjahr bzw. Spätsommer 1967

Variante	H ₂ O %	pH	NTP/10 g B. 24 Std.	CO ₂ -Entwicklung mit				Glukose-Agar				Zellulose-Agar				Aktinomyceten				Pilze auf			
				Methisermeyer Meth. URAS				Fl.-tiefe-Ag.				Tausend/g				Nill./g				Tausend/g			
				mg CO ₂ /100 g B. 24 Std.	%	Σ ppm CO ₂ /100 g B. 4-24 Std.	%	häll./g Boden	häll./g Boden	häll./g Boden	häll./g Boden	häll./g Boden	häll./g Boden	häll./g Boden	häll./g Boden	häll./g Boden	häll./g Boden	häll./g Boden	häll./g Boden	häll./g Boden	häll./g Boden	häll./g Boden	häll./g Boden
I Kontrolle	9,8	5,5	550	100	4,5	100	-	-	27,1	100	26,0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II Strohtuka im Herbst	12,2	5,8	438 ^x	88	5,5	122	-	-	18,2	67	9,8	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III Stroh allein	11,5	5,6	490	98	9,4	209	-	-	20,0	74	5,7	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IV Strohtuka im Frühjahr	11,0	5,9	453 ^x	91	4,6	102	-	-	14,6	54	2,7	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V Stallmist	10,7	5,6	640 ^{xx}	128	5,1	110	-	-	56,5	155	9,2	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31.6.1967																							
I Kontrolle	15,2	5,5	575	100	16,22	100	104,8	100	50,3	100	-	-	3,5	100	-	-	-	-	-	123,3	100	-	-
II Strohtuka im Herbst	15,8	5,8	551 ^x	108	17,63	108	110,4	105	45,5	91	-	-	11,0	318	-	-	-	-	-	191,1	155	-	-
III Stroh allein	15,4	5,6	540	105	19,29	119	112,3	107	31,5	63	-	-	1,7	50	-	-	-	-	-	159,6	162	-	-
IV Strohtuka im Frühjahr	15,4	5,9	354 ^x	109	22,35	138	105,3	101	56,2	112	-	-	17,3	501	-	-	-	-	-	219,3	178	-	-
V Stallmist	16,2	5,8	438 ^{xx}	135	24,55	151	152,7	127	70,1	139	-	-	110,4	3195	-	-	-	-	-	156,9	127	-	-
31.6.1967																							
I Kontrolle	16,7	5,5	288	100	13,60	100	98,3	100	32,7	100	-	-	5,3	100	2,644	100	116,7	100	110,8	100	100	100	100
II Strohtuka im Herbst	16,8	5,8	368 ^{xx}	128	10,15	75	113,8	116	36,2	111	-	-	35,0	667	3,561	135	221,9	190	140,1	127	127	127	127
III Stroh allein	16,7	5,6	283	98	7,96	58	96,7	98	22,2	68	-	-	52,5	1001	2,334	88	163,4	140	128,4	116	116	116	116
IV Strohtuka im Frühjahr	16,6	5,9	340 ^x	118	10,41	77	106,2	108	49,4	151	-	-	110,5	2114	3,070	116	146,0	125	120,3	102	102	102	102
V Stallmist	16,7	5,8	415 ^{xx}	144	14,89	110	111,7	114	48,2	148	-	-	29,2	526	3,541	134	227,6	195	256,8	232	232	232	232

* zitiert nach Thalmann (1967)

** Die Zeit der CO₂-Messung (Isermeyer) wurde von 24 auf 48 Stunden verlängert und anstelle von Glukose-Agar wurde Bodenextrekt-Agar verwendet

^x = Gegen Kontrolle mit P > 5 % gesichert

^{xx} = Gegen Kontrolle mit P > 1 % gesichert

b. CO₂-Entwicklung: In der CO₂-Produktion zeigte die Variante mit Stroh allein (III) den höchsten Wert. Durch die Düngung mit UKa im Herbst zu Stroh (II) wurde ein niedrigerer CO₂-Wert als bei Stroh allein (III) ermittelt, der aber immer noch oberhalb der Kontrolle lag.

Varianten mit Stroh+UKa im Frühjahr (IV) und mit Stallmist (V) folgten ohne nennenswerte Unterschiede gegenüber der Kontrolle.

c. Gesamtkeimzahlen: Die gleiche Tendenz wie die DHA zeigten die Keimzahlen auf Glukose-Agar. Die mit Stroh versehenen Parzellen (Variante III) zeigten eine deutlich niedrigere Keimzahl als die Kontrolle. Nach der UKa-Düngung zu Stroh sowohl im Herbst (II) als auch im Frühjahr wurden niedrigere Keimzahlen als bei der Kontrolle gefunden. Die Keimzahl der Variante mit Stallmist (V) lag deutlich über denen der anderen Varianten. Die Keimzahlen auf Fleisch-Hefeextrakt-Agar ließen keine Tendenz erkennen.

d. pH: Eine günstige Verschiebung der Bodenreaktion (pH) wurde durch Strohgabe (III) um +0,10, durch Stroh+UKa-Gabe (II u. IV) um +0,30 bis +0,40 und um +0,30 durch Stallmistdüngung (V) gegenüber der Kontrolle erreicht.

4.1.2.2 Frühjahr 1967 (Probenahme am 25.4.1967) unter Hafer als Hauptfrucht, 7 Wochen nach der UKa-Düngung zu Variante IV und 6 Monate nach der Probenahme im Spätsommer

a. DHA: Obwohl die Werte der DHA im Frühjahr 1967 niedriger als die im Spätsommer 1966 lagen, traten Unterschiede auf. Stroh allein zeigte wieder keine Wirkung auf die DHA, wie es auch im Spätsommer 1966 der Fall war. UKa-Düngung zu Stroh (II u. IV) konnte zwar keine Wirkung auf die DHA gegenüber Stroh allein (III) zeigen, wohl aber lagen ihre Werte gesichert höher als die der Kontrolle. Die Variante mit Stallmist (V) zeigte wieder die höchsten DHA-Werte.

- - -

b. CO₂-Entwicklung: Die mit der Methode ISERMAYER gemessenen CO₂-Werte lagen im Frühjahr 1967 wesentlich höher als im Spätsommer 1966, weil die Zeit der Messung von 24 auf 48 Stunden verlängert wurde. Bei der Frühjahrsuntersuchung hat sich aber eine bessere Übereinstimmung mit der DHA gezeigt. Die Parzellen mit Stroh allein (III) produzierten mehr CO₂ als die Kontrolle. Die Variante mit UKa im Herbst zu Stroh (II) zeigte zwar einen höheren CO₂-Wert als der der Kontrolle, er lag aber niedriger als bei Stroh allein (III).

Die UKa-Düngung im Frühjahr zu Stroh (IV), die 7 Wochen vor der Probenahme im Frühjahr erfolgte, konnte eine positive Wirkung gegenüber Stroh allein (III) aufweisen. Die Variante mit Stallmist (V) gab wieder den höchsten Wert. Eine Bestätigung dieser Ergebnisse lieferten die mit der Methode URAS ermittelten CO₂-Werte, abgesehen davon, daß die Variante mit Stroh+UKa im Frühjahr (IV) die oben gefundene positive Wirkung nicht zeigte.

c. Gesamtkeimzahlen: Da bei den Keimzählungen im Frühjahr 1967 anstatt Glukose-Agar Bodenextrakt-Agar verwendet wurde, sind bei allen Versuchsgliedern höhere Keimzahlen gefunden worden. Gewisse Übereinstimmungen der Keimzahlen mit den Ergebnissen der DHA waren in dem Sinne vorhanden, daß bei der Variante mit Stallmist (V) auch die höchste Keimzahl gefunden wurde und die Keimzahl der Variante mit Stroh+UKa im Frühjahr (IV) die der Kontrolle übertraf. Die Variante mit Stroh allein (III) zeigte bei der Keimzählung im Gegensatz zur CO₂-Entwicklung (die höher lag als die der Kontrolle) und zur DHA (die in gleicher Höhe war wie Kontrolle) eine wesentlich kleinere Keimzahl als die Kontrolle. Durch die UKa-Düngung zu Stroh konnte diese negative Wirkung der Strohgabe (III) gegenüber der Kontrolle entweder aufgehoben (UKa im Herbst zu Stroh II) oder sogar erhöht werden (UKa im Frühjahr zu Stroh IV).

d. Zellulosezer-setzer: Ihre Zahlen zeigten die gleichen Tendenzen wie die DHA-Werte. Die Variante mit Stroh allein (III) zeigte keine Wirkung gegenüber der Kontrolle. Eine leicht positive Wirkung konnte durch UKa-Düngung im Herbst zu Stroh (II) gegenüber Stroh allein (III) beobachtet werden. Die UKa-Düngung im Frühjahr zu Stroh (IV) zeigte eine noch höhere Zahl an Zellulosezer-setzern als die Variante mit Stroh+UKa im Herbst (II). Die Variante mit Stallmist (V) lag wieder an der Spitze.

e. Pilze: Die Pilze scheinen anders auf die organische Düngung zu reagieren. Hierbei stand die Variante mit Stallmist (V) nicht mehr an erster Stelle sondern an zweiter Stelle, aber höher als die Kontrolle. Bei der Variante Stroh allein (III) wurde eine wesentlich höhere Pilzzahl gefunden als bei der Kontrolle. Während die UKa-Düngung im Herbst zu Stroh (II) ohne Wirkung gegenüber Stroh allein (III) blieb, konnte die UKa-Düngung im Frühjahr zu Stroh (IV) eine höhere Pilzzahl als Stroh allein liefern, wie es auch bei der CO₂-Entwicklung, den Gesamtkeimzahlen und den Zellulosezer-setzern der Fall war.

f. Reaktion (pH): Die pH-Werte zeigten im Vergleich mit denen der Proben im Spätsommer 1966 keine Unterschiede.

4.1.2.3 Spätsommer 1967 (Probenahme am 17.8.1967) nach der Ernte bzw. 1 Woche nach der Einbringung von Haferstroh bei den Varianten II, III und IV bzw. nach der Kalkstickstoffdüngung zu der Variante II

a. D H A: Während die DHA-Werte der Varianten Stroh+UKa im Herbst (II), Stroh+UKa im Frühjahr (IV) und Stallmist (V) im Spätsommer 1967 in der gleichen Höhe wie im Frühjahr 1967 lagen, wiesen die Kontrolle (I) bzw. die Variante mit Stroh allein (III) niedrigere Werte auf als im Frühjahr.

Stroh allein (III) hat die DHA gegenüber der Kontrolle, wie es auch im Spätsommer 1966 und im Frühjahr 1967 der Fall war, nicht geändert. Durch die UKa-Düngung sowohl im Herbst (II) als auch

im Frühjahr (IV) zu Stroh konnte eine statistisch gesicherte Zunahme der DHA gegenüber Stroh allein (III) festgestellt werden. Der höchste DHA-Wert wurde wieder bei der Variante mit Stallmist (V) gemessen.

b. CO₂-Entwicklung: Die Werte der CO₂-Produktion nach der Methode ISERMAYER waren im Spätsommer 1967 wesentlich niedriger als im Frühjahr. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der DHA ließen die CO₂-Werte eine negative Wirkung durch die Strohgabe (III) und die UKa-Düngung zu Stroh (II und IV) gegenüber der Kontrolle erkennen. Durch die UKa-Düngung zu Stroh (II und IV) wurden zwar höhere CO₂-Werte als bei Stroh allein (III) gemessen, nun lagen sie aber deutlich unterhalb der Werte der Kontrolle. Die Variante mit Stallmist zeigte einen nur leicht höheren Wert als der der Kontrolle. Im Gegensatz dazu zeigten die mit der URAS-Methode ermittelten CO₂-Werte eine sehr gute Übereinstimmung mit denen der DHA, da bei den Varianten Stroh+UKa im Herbst(II), Stroh und UKa im Frühjahr (IV) und mit Stallmist (V) höhere CO₂-Werte als bei der Kontrolle (I) bzw. der Variante Stroh allein (III) gemessen wurden. Stroh allein (III) zeigte wieder keine Wirkung gegenüber der Kontrolle.

c. Gesamtkeimzahlen: Auch die Gesamtkeimzahlen lagen im Spätsommer 1967 wesentlich niedriger als im Frühjahr. Bei der Variante Stroh allein (III) wurde eine deutlich niedrigere Keimzahl als bei der Kontrolle gefunden, wie es auch bei den CO₂-Werten "ISERMAYER" der Fall war. Durch die UKa-Düngung im Herbst zu Stroh (II) wurde die negative Wirkung durch die Strohgabe (III) nicht nur aufgehoben sondern ihre Keimzahl übertraf die der Kontrolle. Die Keimzahlen bei den Varianten Stroh+UKa im Frühjahr (IV) und Stallmist (V) stimmten überein und lagen wesentlich höher als die der anderen Varianten. Abgesehen von der Gesamtkeimzahl bei der Variante Stroh allein (III), stimmten die Ergebnisse der Gesamtkeimzahlen mit denen der DHA und der CO₂-Entwicklung (URAS) überein.

d. Zellulosezerersetzer: Im Gegensatz zu den Werten der DHA, der CO_2 -Entwicklung und der Gesamtkeimzahlen nahm die Zahl der Zellulosezerersetzer vom Frühjahr zum Spätsommer deutlich zu, nur die Variante mit Stallmist (V) zeigte eine deutliche Abnahme. Stroh allein (III) wies eine höhere Zahl an Zellulosezeresetzern auf als die Kontrolle. Während die UKa-Düngung im Herbst zu Stroh (II) eine niedrigere Zahl lieferte als die Variante Stroh allein (III), zeigte die UKa-Düngung im Frühjahr zu Stroh (IV) eine wesentlich höhere Zahl als Stroh allein (III) und lag damit an der Spitze. Die Variante Stallmist (V), die ihre Führung bei den anderen Untersuchungen mehrfach behauptete, wurde von der Variante Stroh+UKa im Frühjahr (IV) abgelöst und lag nur wenig oberhalb der Kontrolle.

e. Aktinomyceten: Eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der DHA, der CO_2 -Entwicklung (URAS) und den Gesamtkeimzahlen lieferten die Zahlen der Aktinomyceten, abgesehen davon, daß Stroh allein (III) eine niedrigere Zahl als die der Kontrolle zeigte. Die UKa-Düngung im Frühjahr zu Stroh (IV) zeigte eine deutlich positive Wirkung sowohl gegenüber Stroh allein (III) als auch gegenüber der Kontrolle. Die Zahl der Aktinomyceten lag bei den Varianten Stroh+UKa im Herbst (II) und Stallmist (V) wesentlich höher als bei den übrigen Varianten.

f. Pilze: Im Vergleich zu den Pilzzahlen auf Malz-Agar im Frühjahr lagen sie im Spätsommer 1967 bei den Varianten Stroh+UKa im Herbst (II) höher, bei Stallmist (V) wesentlich höher, bei Stroh allein (III) niedriger und bei Stroh+UKa im Frühjahr (IV) wesentlich niedriger, während die Kontrolle (I) keinen Unterschied gegenüber dem Frühjahr zeigte. Eine Übereinstimmung zwischen Pilzzahlen und den weiteren Untersuchungen (DHA, CO_2 -Entwicklung URAS, Gesamtkeimzahlen und den Zahlen der Aktinomyceten) war in allen Fällen vorhanden, am deutlichsten war sie bei den auf Bengalrosa-Agar ermittelten Pilzzahlen. Die Kontrolle (I), Stroh+UKa im Frühjahr (IV) und Stallmist (V) lieferten praktisch die gleichen Pilzzahlen auf den beiden Nährmedien.

4.1.1.1 Standort : Die p_H-werte liegen wie bei den im Spätsommer 1966 bzw. Frühjahr 1967 entnommenen Proben unverändert.

4.2 Standort Wolstorf

4.2.1 Geographische Lage, Boden und Versuchsanlage

Westlich von Hannover und östlich von Helmstedt am Rande des Schwarzerdengebietes der Mitteldeutschen Börde liegt das Versuchsfeld "Wolstorf" 140 m über NN und hat im Durchschnitt 620 mm Jahresniederschlag. Der Boden (Gerozen-Parabraunerde, ist ein lehmiger Sand (1:1) (vgl. Tab. 2)). Der T-Wert betrug 10,8 und der n-Wert 0,2 mval. Die Bodenreaktion (pH 6,5) weist auf eine Acidierung hin und der Fruchtserienfaktor war 84 (THALMANN 1967). Sowohl Versuchsanlage als auch Versuchsglieder entsprechen denen von Wellie (4.1.1). Das Stroh wurde in Höhe von 60 dz/ha zu den Varianten II, III und IV im Herbst und der Kalkstickstoff in Höhe von 60 kg N/ha zu Variante II im Herbst bzw. zu Variante IV im Frühjahr gegeben. Stallmist (250 dz/ha) wurde 1956, 1961 und 1964 zu Zuckerrüben auf Variante V im Herbst gegeben.

Fruchtfolge

1957 <u>Zuckerrüben</u>	1963 <u>Sommerweizen</u>
1958 <u>Winterweizen</u>	1964 <u>Wintergerste</u>
1959 <u>Winterroggen</u>	1965 <u>Zuckerrüben</u>
1960 <u>Sommerweizen</u>	1966 <u>Winterweizen</u>
1961 <u>Wintergerste</u>	1967 <u>Wintergerste</u>
1962 <u>Zuckerrüben</u>	

In der Fruchtfolge waren also 6 mal Stroh bzw. Kalkstickstoff (zu den Varianten II, III und IV) und 3 mal Stallmist (zu der Variante V) gegeben worden. 60 dz/ha gehäckseltes Stroh von der Vorfrucht "Winterweizen" das nach der Ernte auf dem Boden lag, wurde im Herbst (17.3.1966) in den Varianten II, III und IV eingearbeitet. Zum Versuchsglied II wurde die Herbst-Kalkstickstoff-Gabe (60 kg N/ha, am 5.9.1966 und am 17.3.1967 die Frühjahrsgabe (auch 60 kg N/ha) zu Variante IV gegeben.

Im Spätsommer 1966 (am 30.9.1966) wurden die ersten Bodenproben entnommen, wobei die Wintergerste bereits aufgelaufen war, also 6 Wochen nach der Einarbeitung des Strohs bzw. 3 Wochen nach der UKa-Herbstgabe. Im Frühjahr 1967 (am 25.4.1967) erfolgte die zweite Probenahme. Am 17.8.1967 (3 Wochen nach der Einbringung von Wintergerste-Stroh in den Varianten II, III und IV bzw. nach der Kalkstickstoffdüngung zu der Variante II) wurde die dritte Probenahme durchgeführt.

4.2.2 Untersuchungsergebnisse (Tab. 4)

4.2.2.1 Spätsommer 1966 (Probenahme am 30.9.1966), unter aufgelaufenem Winterweizen, 6 Wochen nach der Einbringung von Winterweizenstroh bei den Varianten II, III und IV bzw. 3 Wochen nach der Kalkstickstoffdüngung zu Variante II

a. Dehydrogenaseaktivität (DHA): Der Standort Wolstorf zeigte wesentlich höhere DHA-Werte als der Standort Wellie. Im Gegensatz zu Wellie wurde in Wolstorf eine positive Wirkung der Strohgabe (III) bzw. der Kalkstickstoffdüngung zu Stroh (II und IV) auf die DHA erzielt. Stroh allein (III) wies eine statistisch gesicherte Erhöhung der DHA gegenüber der Kontrolle auf. Die UKa-Düngung im Herbst zu Stroh (II) lieferte wesentlich höhere DHA-Werte als Stroh allein (III). Die Variante mit Stroh und UKa im Frühjahr (IV) die keinen Kalkstickstoff seit Frühjahr 1965 erhalten hatte, konnte zwar einen höheren Wert als Stroh allein (III) zeigen, jedoch lag ihr Wert niedriger als der von Variante Stroh+UKa im Herbst (II). Stallmist (V) zeigte auch hier den höchsten DHA-Wert, obwohl die letzte Stallmistgabe vor 2 Jahren erfolgte.

Tabelle 4 Standort Wolstorf

Microbiologische Aktivität des Bodens im Spätsommer 1966 und im Frühjahr bzw. Spätsommer 1967

Variante	H ₂ O %	pH	DHA	CO ₂ -Entwicklung mit Meth. Isenmeyer	Meth. URAS				Glukose-Agar	Fl.-Hefw.-Ag.	Zellulosezer- setzer	aktino- myk. %	Pilze auf	Tausend/L Boden	Tausend/ε Boden	Tausend/ε Boden	Tausend/ε Boden
					ml CO ₂ /100 g B. 24 Std.	ml CO ₂ /100 g B. 4-8 Std.	%	%	Mill./ε Boden	Mill./ε Boden	%	%	%	%	%	%	%
I Kontrolle	13,6	6,8	891	100	7,1	100	-	-	19,5	100	5,5	100	-	-	-	-	-
II Stroh-HfKa im Herbst	13,4	6,8	1116 ^{xx}	120	6,2	117	-	-	26,2	145	2,8	51	-	-	-	-	-
III Stroh alleinst im Herbst	14,1	6,75	959 ^{xx}	108	7,4	104	-	-	24,0	123	7,5	136	-	-	-	-	-
IV Stroh-HfKa im Frühjahr	13,0	6,8	1055 ^{xx}	118	10,1	142	-	-	32,5	167	2,8	124	-	-	-	-	-
V Stallmist	14,1	7,0	1166 ^{xx}	133	10,5	148	-	-	22,8	121	6,0	109	-	-	-	-	-
VI Kontrolle	18,7	6,8	874	100	16,10	100	150,7	100	139,7	100	-	-	117,7	100	-	130,5	100
VII Stroh-HfKa im Herbst	19,2	6,6	1076 ^{xx}	123	17,85	127	193,1	126	97,0	70	-	-	53,7	48	-	107,4	62
VIII Stroh alleinst im Herbst	13,0	6,75	1008 ^{xx}	115	16,23	115	162,1	108	128,9	92	-	-	178,5	158	-	52,5	65
IX Stroh-HfKa im Frühjahr	14,9	6,8	985 ^{xx}	112	21,98	157	185,6	125	127,5	91	-	-	178,4	118	-	-	-
X Stallmist	20,2	7,0	1146 ^{xx}	131	18,52	131	221,2	147	118,7	85	-	-	1142,4	1015	-	106,2	65
XI Kontrolle	19,4	6,8	704	100	15,80	100	142,0	100	72,9	100	-	-	179,1	100	2,209	100	175,7
XII Stroh-HfKa im Herbst	19,5	6,8	955 ^{xx}	135	19,19	139	200,6	141	103,6	142	-	-	537,8	300	2,271	105	149,4
XIII Stroh alleinst im Herbst	20,5	6,8	904 ^{xx}	129	17,75	129	170,6	120	81,8	112	-	-	5412,6	3622	2,726	125	174,4
XIV Stroh-HfKa im Frühjahr	19,7	6,8	894 ^{xx}	127	18,96	137	182,3	128	86,6	115	-	-	1157,5	655	2,514	114	174,4
XV Stallmist	20,4	7,0	949 ^{xx}	135	19,81	136	214,5	151	95,9	129	-	-	301,3	168	2,930	135	174,6
XVI Kontrolle	20,4	7,0	949 ^{xx}	135	19,81	136	214,5	151	95,9	129	-	-	301,3	168	2,930	135	174,6

* zitiert nach Thalmann (1967)

** = Die Zeit der CO₂-Messung (Isenmeyer) wurde von 24 auf 48 Stunden verlängert und anstelle von Glukose-Agar wurde Bodenextrakt-Agar verwendet.

x = Gegen Kontrolle mit P > 5 % gesichert

xx = Gegen Kontrolle mit P > 1 % gesichert

b. CO₂-Entwicklung: Wolstorf zeigte auch hier höhere CO₂-Werte als Wellie. Im Gegensatz zu Wellie wies die Strohgabe (III) bei Wolstorf keine Wirkung gegenüber der Kontrolle auf. Während die UKa-Düngung im Herbst zu Stroh (II) eine nur minimale Erhöhung der CO₂-Entwicklung gegenüber Stroh allein (III) verursachte, zeigte die UKa-Düngung im Frühjahr zu Stroh (IV) einen deutlich höheren CO₂-Wert als bei der Variante Stroh allein (III). Stallmist wies auch die höchste CO₂-Entwicklung auf.

c. Gesamtkeimzahlen: Im Gegensatz zu den DHA- bzw. CO₂-Werten waren die Gesamtkeimzahlen auf Glukose-Agar in Wolstorf und Wellie im Durchschnitt gleich. Sie zeigten bei Wolstorf die gleiche Tendenz wie die DHA, abgesehen davon, daß bei der Variante mit Stallmist (V) eine niedrigere Keimzahl als bei den Varianten Stroh+UKa im Herbst (II) und Stroh+UKa im Frühjahr (IV) gefunden wurde. Die Keimzahlen auf Fleisch-Hefeextrakt-Agar ließen keine Beziehung zur Düngung erkennen.

d. Reaktion (pH): Im Gegensatz zu dem Standort Wellie war in Wolstorf eine Verschiebung der Bodenreaktion um +0,2 pH nur bei dem Versuchsglied Stallmist (V) zu beobachten; hier betrug der pH-Wert 7,0 gegenüber 6,8 bei der Kontrolle. In Wolstorf waren die pH-Werte wesentlich höher als in Wellie.

4.2.2.2 Frühjahr 1967 (Probenahme am 25.4.1967) unter Winter-Weizen, 6 Wochen nach der Kalkstickstoffdüngung zu der Variante Stroh+UKa im Frühjahr (IV) und 6 Monate nach der Probenahme im Spätsommer 1966

a. D H A: Wolstorf zeigte auch im Frühjahr wesentlich höhere DHA-Werte als Wellie. Vergleicht man die Ergebnisse vom Frühjahr 1967 mit denen vom Spätsommer 1966, dann ergibt sich, daß die DHA-Werte vom Spätsommer 1966 und Frühjahr 1967 in Wolstorf im Gegensatz zu Wellie etwa gleich geblieben sind. Die Strohgabe (III) wies eine statistisch gesicherte Erhöhung der DHA gegenüber der Kontrolle auf. UKa-Düngung im Herbst zu Stroh (II)

zeigte einen noch höheren DHA-Wert als Stroh allein (III). Die Kalkstickstoffgabe im Frühjahr zu Stroh (IV) wies keine Wirkung gegenüber Stroh allein (III) auf, obwohl diese Gabe 6 Wochen vorher erfolgte. Der Stallmist (V) zeigte auch hier den höchsten Wert.

b. CO₂-Entwicklung: Im Gegensatz zu den Ergebnissen der DHA im Frühjahr 1967 zeigte Wolstorf entweder die gleichen CO₂-Werte (nach Methode ISERMEYER) wie Wellie oder niedrigere, aber in keinem Fall höhere Werte als bei Wellie. Der Gegensatz der CO₂-Produktion (ISERMEYER) gegenüber der DHA in Wolstorf bestand weiterhin darin, daß die CO₂-Produktion im Frühjahr 1967 bei allen Versuchsvarianten wesentlich höher war als im Späthsummer 1966. In der Tendenz war eine gute Übereinstimmung der CO₂-Werte (ISERMEYER) mit denen der DHA im Frühjahr 1967 feststellbar, allerdings lag der Wert der Variante Stroh+UKa im Frühjahr (IV) an der Spitze und nicht mehr die Variante Stallmist (V). Die Variante Stroh allein (III) zeigte eine deutlich höhere CO₂-Produktion als die der Kontrolle.

Die UKa-Düngung im Herbst zu Stroh (II) lieferte einen noch höheren CO₂-Wert als Stroh allein (III). Die positive Wirkung der UKa-Düngung im Frühjahr zu Stroh (IV), die 6 Wochen vor der Untersuchung erfolgte, gegenüber Stroh allein (III) war wesentlich deutlicher als die der UKa-Düngung im Herbst zu Stroh (II). Im Gegensatz zu den CO₂-Werten (ISERMEYER) lagen die mit der Methode URAS ermittelten CO₂-Werte des Standortes Wolstorf wesentlich höher als die des Standortes Wellie, was auch bei den DHA-Untersuchungen mehrmals festgestellt wurde. In der Tendenz war eine völlige Übereinstimmung der Ergebnisse der CO₂-Produktion (URAS) und der DHA vorhanden.

c. Gesamtkeimzahlen: Auch die Gesamtkeimzahlen waren in Wolstorf wesentlich höher als in Wellie. Ein Vergleich der Gesamtkeimzahlen des Standortes Wolstorf im Frühjahr 1967 (auf Bodenextrakt-Agar) mit denen im Spätsommer 1966 (auf Glukose-Agar und auf Fleisch-Hefeextrakt-Agar) ist infolge der unterschied-

lichen Medien nicht möglich. Die höchste Keimzahl wurde bei der Kontrolle (I) gefunden und die Keimzahlen der anderen Varianten folgten ohne eine deutliche Tendenz zu zeigen. Die niedrigste Keimzahl wurde bei der Variante Stroh+UKa im Herbst (II) gefunden.

d. Zellulosezerersetzer: In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der DHA, der CO_2 -Produktion (URAS) und den Gesamtkeimzahlen waren die gefundenen Zahlen an Zellulosezerersetzer in Wolstorf wesentlich höher als in Wellie. Die Variante mit Stroh allein (III) zeigte eine deutlich höhere Zahl als die Kontrolle. Die UKa-Düngung im Frühjahr zu Stroh (IV) führte zu keiner Änderung der Zahl gegenüber Stroh allein (III). Die positive Wirkung der Strohgabe (III) wurde durch die UKa-Düngung im Herbst zu Stroh (II) nicht nur aufgehoben, sondern bei dieser Variante (II) wurde die niedrigste Zahl an Zellulosezeresetzern gefunden, wie es auch bei der Gesamtkeimzahl der Fall war. Die höchste Zahl wurde bei der Variante Stallmist (V) gefunden.

e. Filze: Im allgemeinen wurde deutlich, daß die Pilzzahlen bei Wolstorf wesentlich niedriger waren als bei Wellie. Die höchste Pilzzahl wurde bei der Kontrolle und die niedrigste Überraschenderweise bei der Variante Stroh allein (III) gefunden. Bei den anderen Varianten waren die Pilzzahlen gleich. Eine Tendenz konnte nicht festgestellt werden.

f. Reaktion (pH): Die pH-Werte im Frühjahr 1967 stimmten mit denen der Proben vom Spätsommer 1966 überein.

4.2.2.3 Spätsommer 1967 (Probenahme am 17.8.1967), 3 Wochen nach der Einbringung von Winter-Gerstenstroh bei den Varianten II, III und IV bzw. nach der Kalkstickstoffdüngung zu der Variante II

a. D H A: Die DHA-Werte waren in Wolstorf auch im Spätsommer 1967 wesentlich höher als in Wellie. Im allgemeinen waren die DHA-Werte in Wolstorf im Spätsommer 1967 niedriger als im Frühjahr 1967 bzw. Spätsommer 1966. Durch die Strohgabe (II, III und IV) bzw. durch Stallmistdüngung (V) wurden signifikante Erhöhungen der DHA-Werte gegenüber der Kontrolle erzielt. Eine signifikante Wirkung der Kalkstickstoffdüngung auf die DHA wurde weder durch die Herbstgabe zu Stroh (II) noch durch die Frühjahrsgabe zu Stroh (IV) gegenüber Stroh allein (III) festgestellt. Die Variante Stallmist (V) zeigte nicht mehr den wesentlich höheren DHA-Wert als die der Varianten mit Strohzugabe (II, III und IV), da das Stroh schon 3 Wochen vorher eingearbeitet worden war.

b. CO₂-Entwicklung: Die mit der Methode ISERMEYER gemessenen Werte der CO₂-Produktion lagen in Wolstorf im Spätsommer 1967 wesentlich höher als in Wellie, also im Gegensatz zu den Ergebnissen im Frühjahr 1967. Sie waren in Wolstorf im Frühjahr und Spätsommer 1967 mehr oder weniger gleich. Mit keinen nennenswerten Unterschieden untereinander zeigten die Varianten mit Strohgabe (II, III und IV) bzw. die mit Stallmist (V) deutlich höhere CO₂-Werte als die Kontrolle. Die mit der Methode URAS gemessenen CO₂-Werte zeigten dasselbe Bild, auch hier waren die CO₂-Werte in Wolstorf wesentlich höher als die von Wellie und ebenfalls die von Spätsommer und Frühjahr 1967 gleich. Die klare Überlegenheit der CO₂-Werte der Varianten mit Strohgabe (II, III und IV) bzw. der mit Stalldüngung (V) gegenüber der Kontrolle wurde auch hier festgestellt. Im Gegensatz zu den mit der Methode ISERMEYER ermittelten CO₂-Werte führten die mit dem URAS ermittelten Werte zwischen den Varianten deutlichere Unterschiede auf. Bei der Variante Stroh

allein (III) war die CO_2 -Produktion deutlich höher als bei der Kontrolle. Die UKa-Düngung im Frühjahr zu Stroh (IV) lieferte einen noch höheren Wert als Stroh allein (III). Die UKa-Düngung im Herbst zu Stroh (II), die 3 Wochen vor der Untersuchung erfolgte, zeigte nicht nur einen deutlich höheren Wert als Stroh allein (III) sondern auch einen höheren Wert als die Variante Stroh+UKa im Frühjahr (IV). Die stärkste CO_2 -Produktion wurde wieder bei der Variante Stallmist (V) gemessen.

c. Gesamtkeimzahlen: Die Gesamtkeimzahlen zeigten die gleiche Tendenz wie die DHA und die CO_2 -Entwicklung, sie lagen in Wolstorf wesentlich höher als in Wellie. Eine Abnahme der Gesamtkeimzahlen vom Frühjahr zu Spätsommer 1967 war hier auch, wie es auch bei den DHA-Werten der Fall war, deutlich zu erkennen. Die Gesamtkeimzahl lag bei der Variante Stroh allein (III) höher als bei der Kontrolle. Die UKa-Düngung im Frühjahr zu Stroh (IV) machte sich gegenüber Stroh allein (III) nicht bemerkbar. Im Gegensatz dazu zeigte die UKa-Düngung im Herbst zu Stroh (II), die 3 Wochen vor der Probenahme erfolgte, eine deutlich höhere Keimzahl als die der Variante Stroh allein (III) bzw. Stroh+UKa im Frühjahr (IV). Die höchste Keimzahl wurde zwar nicht bei der Variante Stallmist (V) gefunden, jedoch lag ihre Keimzahl höher als die der Kontrolle (I), von Stroh allein (III) und Stroh+UKa im Frühjahr (IV).

d. Zellulosezer-setzer: Auch die Zahlen der Zellulosezer-setzer waren in Wolstorf wesentlich höher als bei Wellie. Im Gegensatz zu den DHA-Werten und den Gesamtkeimzahlen nahmen die Zahlen der Zellulosezer-setzer vom Frühjahr zu Spätsommer 1967 wesentlich zu, abgesehen davon, daß eine starke Abnahme bei der Variante mit Stallmist (V) festgestellt wurde. Ein solches Verhalten wurde auch bei Standort Wellie beobachtet. Die höchste Zahl an Zellulosezer-setzern wurde bei der Variante Stroh allein (III) gefunden. Die Kalkstickstoffdüngung zu Stroh sowohl im Herbst (II) als auch im Frühjahr (IV) zeigten zwar höhere Zahlen als die Kontrolle, jedoch lagen ihre Zahlen

wesentlich niedriger als die der Variante Stroh allein (III). Die UKa-Herbstgabe zu Stroh (II) zeigte noch niedrigere Zahlen als die der UKa-Frühjahrgabe zu Stroh (IV). Die Zahl der Zellulosezer-setzer bei der Variante Stallmist (V) übertraf nur die der Kontrolle.

e. Aktinomyceten: Im Vergleich zu Wellie waren die Zahlen der Aktinomyceten in Wolstorf niedriger. Bei der Variante Stroh allein (III) wurde eine deutlich höhere Zahl an Aktinomyceten als bei der Kontrolle gefunden. Die positive Wirkung der Strohgabe (III) gegenüber der Kontrolle wurde durch die UKa-Düngung im Herbst zu Stroh (II) aufgehoben. Die Variante Stroh+UKa im Frühjahr (IV) zeigte zwar eine höhere Zahl als die der Kontrolle, jedoch lag ihre Zahl niedriger als die der Variante Stroh allein (III). Die höchste Zahl an Aktinomyceten wurde bei dem Versuchsglied mit Stallmist (V) gefunden, sie lag allerdings nur wenig höher als bei Stroh allein (III).

f. Pilze: Sowohl auf Malzagar als auch auf Bengalrosa-Malzagar waren die Pilzzahlen bei den Varianten Kontrolle (I) und Stroh+UKa im Frühjahr (IV) höher, Stroh+UKa im Herbst (II) und Stallmist (V) niedriger als in Wellie bzw. bei der Variante Stroh allein (III) etwa gleich wie in Wellie. Im Gegensatz zu den DHA-, CO_2 -Werten und den Gesamtkeimzahlen nahmen die Pilzzahlen auf Malzagar von Frühjahr zu Spätsommer 1967 deutlich zu, wie es auch bei den Zahlen der Zellulosezer-setzer der Fall war. Eine gute Übereinstimmung zwischen den Pilzzahlen auf Malzagar und denen auf Bengalrosa-Malzagar bestand insofern, als die Kontrolle die höchste Zahl aufwies und die UKa-Düngung im Herbst zu Stroh (II), die vor 3 Wochen erfolgte, die niedrigste Pilzzahl zeigte. Weder die Strohgabe (III) noch die UKa-Düngung im Frühjahr zu Stroh (IV) konnte eine Wirkung auf die Pilzzahlen auf Malzagar ausüben. Deutlichere Unterschiede zeigten die Pilzzahlen auf Bengalrosa-Malzagar. Die negative Wirkung der Strohgabe (III) auf die Pilzzahl gegenüber der Kontrolle, die durch die UKa-Herbstgabe zu Stroh (II) in stärkerem Maße auftrat,

konnte in den mit Stroh+UKa im Frühjahr versehenen Parzellen (IV) nicht festgestellt werden. Stallmist (V) zeigte keinen Unterschied gegenüber Stroh allein (III).

g. Reaktion (pH): Die im Frühjahr und Spätsommer 1967 gemessenen pH-Werte zeigten keine Unterschiede.

4.3 Standort Hainhaus

4.3.1 Beschreibung von Boden und Versuchsanlage

Hainhaus liegt etwa 25 km nördlich von Hannover. Es liegt in 50 m Höhe über NN und hat im Durchschnitt 620 mm Jahresniederschlag. Der Boden, ein schluffiger Sand (u S), ist ein Heidepodsol mit einem C-Gehalt von 2,65 % und einem C/N-Verhältnis von 17,6 : 1. Die Bodenreaktion (pH 5,7) ist sauer. Der T-Wert beträgt 7,0 und der H-Wert 3,0 mval (vgl. Tab. 2). THALMANN (1967) bezeichnete ihn als nicht sehr fruchtbar und errechnete für ihn einen Fruchtbarkeitsfaktor von 40.

Die 4 Versuchsglieder mit 4 Wiederholungen waren im lateinischen Quadrat angeordnet (Teilstückgröße 5X16 = 80 qm.).

Die Versuchsglieder waren:

- | | | |
|------|--|----------------|
| I. | ohne Stroh, ohne Kalkstickstoff | (Kontrolle) |
| II. | ohne Stroh, + Kalkstickstoff (UKa 50 kg N/ha) | (UKa) |
| III. | + Stroh (50 dz/ha), ohne Kalkstickstoff | (Stroh allein) |
| IV. | + Stroh (50 dz/ha), + Kalkstickstoff
(UKa 50 kg N/ha) | (Stroh+UKa) |

Die Strohgabe zu den Varianten III und IV wurde immer im Herbst jeweils nach Getreide und die Kalkstickstoffgabe zu den Varianten II und IV auch im Herbst gegeben.

Die Fruchtfolge war typisch für diese Gegend und die Anbaumöglichkeiten auf diesem Boden:

1959 <u>Kartoffeln</u>	1964 <u>Hafer</u>
1960 <u>Winterroggen</u>	1965 <u>Kartoffeln</u>
1961 <u>Hafer</u>	1966 <u>Winterroggen</u>
1962 <u>Kartoffeln</u>	1967 <u>Hafer</u>
1963 <u>Hafer</u>	1968 <u>Kartoffeln</u>

Es wurden also 5 mal Stroh bzw. Kalkstickstoff (bis zu der ersten Probenahme), bzw. 6 mal (bis zu den 2. und 3. Probenahmen) gegeben.

Im Spätsommer 1966 (am 30.9.1966) erfolgte die erste Probenahme, wobei die Nachwirkung des im Herbst 1964 gegebenen Haferstroh bzw. des Kalkstickstoffs erfaßt werden sollte. Eine Woche danach wurde das Winterroggenstroh, das auf dem Boden lag, in den Varianten III und IV eingemulcht und eine Woche darauf wurde die UKa-Gabe zu den Varianten II und IV gegeben. Die zweite Probenahme erfolgte im Frühjahr 1967 (am 25.4.1967) unter Hafer und die dritte im Spätsommer 1967 (am 17.8.1967) nach der Ernte und 2 Wochen vor dem Einmulchen des Haferstrohs.

4.3.2 Untersuchungsergebnisse (Tab. 5)

4.3.2.1 Spätsommer 1966 (Probenahme am 30.9.1966) nach Winterroggen, Nachwirkung der Strohgabe bzw. der Kalkstickstoffdüngung im Herbst 1964

a. Dehydrogenaseaktivität (DihA): Wie aus Tab. 5 hervorgeht, war von einer Nachwirkung der Strohgabe (III) und der UKa-Düngung (II) gegenüber der Kontrolle nichts festzustellen. Eine signifikante positive Wirkung war nur bei der Variante Stroh+UKa (IV) gegenüber der Kontrolle (I) bzw. der Variante Stroh allein (III) vorhanden.

b. CO₂-Entwicklung: Die mit der Methode LEBENLEYER gemessenen Werte der CO₂-Produktion ließen keine kennenswerten Unterschiede erkennen.

T a b e l l e 5 Standort Heinhause
Mikrobiologische Aktivität des Bodens im Spätsommer 1966 und im Frühjahr bzw. Spätsommer 1967

Variante	H ₂ O % pH	IHA 10 g B. 24 Std. %	CO ₂ -Entwicklung mit			Gesamtkolonyzahl auf		Glukose-Agar		Fl.Hefe-Agar		Zellulosezer- setzer		Aktino- myceten	Malz-Agar		Pilze auf Bengalrose-Agar
			Meth. Isenmeyer		Meth. URAS	Mill./g Boden %		Mill./g Boden %		Tausend/g Boden %		Tausend/g Boden %			Tausend/g Boden %		
			100 g B. 24 Std. %	100 g B. 24 Std. %	100 g B. 24 Std. %	100 g B. 24 Std. %	100 g B. 24 Std. %	100 g B. 24 Std. %	100 g B. 24 Std. %	100 g B. 24 Std. %	100 g B. 24 Std. %	100 g B. 24 Std. %	100 g B. 24 Std. %	100 g B. 24 Std. %	100 g B. 24 Std. %	100 g B. 24 Std. %	100 g B. 24 Std. %
30.9.1966*																	
I Kontrolle	10,9	5,65	415	100	-	-	17,5	100	7,2	100	-	-	-	-	-	-	-
II UKA	11,9	5,60	408	98	-	-	16,0	91	4,6	64	-	-	-	-	-	-	-
III Stroh	10,9	5,70	437	105	-	-	13,2	75	4,5	63	-	-	-	-	-	-	-
IV Stroh + UKA	11,9	5,70	478 ^x	115	-	-	14,2	81	5,2	72	-	-	-	-	-	-	-
25.4.1967**																	
I Kontrolle	13,2	5,60	236	100	84	100	44,1	100	-	-	17,0	100	-	-	105,3	100	-
II UKA	13,2	5,70	233	99	84	100	47,2	107	-	-	51,0	300	-	-	135,9	129	-
III Stroh	13,2	5,70	302 ^{xx}	128	94	111	34,0	77	-	-	17,0	100	-	-	135,9	129	-
IV Stroh + UKA	13,7	5,70	320 ^{xx}	136	119	141	37,1	85	-	-	51,1	301	-	-	110,2	105	-
17.6.1967***																	
I Kontrolle	15,0	5,60	265	100	84	100	33,0	100	-	-	109,3	100	5,100	100	225,5	100	164
II UKA	14,6	5,70	228 ^x	86	83	99	32,5	99	-	-	515,6	472	4,889	96	254,9	104	56
III Stroh	15,0	5,70	331 ^{xx}	125	111	133	28,4	86	-	-	517,5	474	5,366	105	264,5	117	25
IV Stroh + UKA	14,6	5,70	350 ^{xx}	132	110	131	24,8	75	-	-	17,2	16	4,000	86	167,7	83	76

* Zitiert nach Thalmann (1967)

** = Die Zeit der CO₂-Messung (Isenmeyer) wurde von 24 auf 48 Stunden verlängert und anstelle von Glukose-Agar wurde Bodenextrakt-Agar verwendet

x = Differenz gegen Kontrolle mit P > 5% gesichert

xx = Differenz gegen Kontrolle mit P > 1% gesichert.

c. Gesamtkeimzahlen: Weder auf Glukose-Agar noch auf Fleisch-Hefeextrakt-Agar wiesen die Gesamtkeimzahlen deutliche Unterschiede auf. Die höchste Keimzahl wurde bei der Kontrolle gefunden.

d. pH: Hier waren, wie es bei den oben genannten Untersuchungen der Fall war, auch keine deutlichen Unterschiede zu bemerken.

4.3.2.2 Frühjahr 1967 (Probenahme 25.4.1967) unter Hafer nach der Strohgabe bzw. der Kalkstickstoffdüngung im Herbst 1966

a. D H A: Die DHA-Werte nahmen während des Winters sehr deutlich ab. Ein Einfluß der UKa-Düngung (II) auf die DHA konnte nicht festgestellt werden, wohl aber der Strohgabe (III), wodurch signifikant höherer DHA-Wert als bei der Kontrolle (I) bzw. bei der Variante UKa (II) gemessen wurde. Ein noch höherer DHA-Wert, der gegenüber dem der Variante Stroh allein (III) allerdings nicht gesichert war, wurde bei der Variante Stroh+UKa (IV) gemessen und lag damit an der Spitze.

b. CO₂-Entwicklung: Im Gegensatz zu den Werten der CO₂-Produktion nach ISERMEYER, die keine Tendenz erkennen ließen, stimmten die mit dem URAS gemessenen Wertesehr gut mit denen der DHA überein. Dabei zeigte die UKa-Düngung (II) keine Wirkung gegenüber der CO₂-Produktion der Kontrolle. Die Variante Stroh allein (III) lieferte einen deutlich höheren Wert als die Kontrolle. Die UKa-Düngung zu Stroh (IV) förderte die CO₂-Produktion wesentlich stärker als Stroh allein (III).

c. Gesamtkeimzahlen: Die Gesamtkeimzahlen zeigten gegenüber der DHA bzw. der CO₂-Entwicklung (URAS) ein umgekehrtes Bild, da sie bei den Varianten Stroh allein (III) und Stroh+UKa (IV) niedriger als die der Kontrolle lagen. Die UKa-Düngung (II) wies auch hier keine Wirkung gegenüber der Kontrolle auf.

d. Zellulosezer-setzer: Die Zahlen der Zellulosezer-setzer wiesen in der Tendenz keine Übereinstimmung mit den Werten der DHA bzw. CO_2 -Entwicklung (URAS) auf, abgesehen davon, daß sie bei der Variante Stroh+UKa (IV) wesentlich höher war als bei der Kontrolle. Die Variante UKa (II) zeigte die gleiche Zahl wie bei Stroh+UKa (IV). Die Strohgabe (III) zeigte keine Wirkung gegenüber der Kontrolle.

e. Pilze: Ein anderes Bild lieferten die Pilzzahlen auf Malz-Agar insofern, als die Strohgabe (III) bzw. die UKa-Düngung (II) die gleiche positive Wirkung gegenüber der Kontrolle zeigten und die UKa-Düngung zu Stroh (IV) ebenfalls gegenüber der Kontrolle keine Wirkung auf die Pilzzahl aufwies.

f. Reaktion (pH): Durch die Düngung mit UKa (II) oder Stroh allein (III) bzw. Stroh+UKa (IV) wurde keine eindeutige Wirkung auf die Bodenreaktion (pH) festgestellt.

4.3.2.3 Spätsommer 1967 (Probenahme am 17.8.1967) nach der Ernte und 2 Wochen vor dem Einmulchen des Haferstrohs

a. D H A: Im Vergleich zu den Ergebnissen des Frühjahrs sind die DHA-Werte im Spätsommer 1967 leicht gestiegen. Sie lagen aber noch wesentlich niedriger als im Spätsommer 1966. Die DHA-Werte im Sommer 1967 ließen dieselbe Tendenz wie im Frühjahr erkennen. Die Strohgabe(III) bzw. die UKa-Düngung zu Stroh (IV) zeigte noch eine gesicherte positive Wirkung auf die DHA gegenüber der Kontrolle. Während die UKa-Düngung (II) einen signifikant niedrigeren DHA-Wert als die Kontrolle lieferte, konnte die UKa-Düngung zu Stroh (IV) zwar einen höheren Wert als die Variante mit Stroh allein (III) aufweisen, jedoch war er gegenüber dem der Variante Stroh allein (III) nicht gesichert.

b. CO_2 -Entwicklung: Im Vergleich zu den CO_2 -Werten im Frühjahr lagen die CO_2 -Werte im Spätsommer 1967 sowohl nach der Methode ISERMEYER als auch nach der URAS-Methode nur bei der Variante Stroh allein (III) deutlich höher, die anderen Varianten zeigten

im Spätsommer entweder die gleichen oder niedrigere Werte wie im Frühjahr. Eine gute Übereinstimmung der CO_2 -Werte nach ISERMEYER war mit denen nach der URAS-Methode bzw. den Werten der DHA in der Tendenz nachweisbar. Hier wies die Variante Stroh allein (III) eine deutlich stärkere CO_2 -Produktion auf als die Kontrolle. Die UKa-Düngung (II) zeigte entweder keine Wirkung gegenüber der Kontrolle (URAS) oder lieferte einen niedrigeren CO_2 -Wert als die Kontrolle, (ISERMEYER), wie es auch bei der DHA der Fall war. Die UKa-Düngung zu Stroh (IV) wies keine Wirkung gegenüber Stroh allein (III) auf.

c. Gesamtkeimzahlen: Die Gesamtkeimzahlen sanken vom Frühjahr zum Spätsommer 1967 deutlich ab. Die gleichen Gesamtkeimzahlen wurden bei den Varianten UKa (II) und Kontrolle (I) gefunden, sie lagen höher als die der Varianten Stroh allein (III) und Stroh+UKa (IV). Daraus ergab sich ebenfalls das umgekehrte Bild gegenüber den DHA- und den CO_2 -Werten (URAS), das auch im Frühjahr vorhanden war. Die UKa-Düngung zu Stroh (IV) zeigte keine Wirkung gegenüber Stroh allein (III).

d. Zellulosezersetter: Im Gegensatz zu den DHA-, CO_2 -Werten und Gesamtkeimzahlen nahmen die Zahlen der Zellulosezersetter vom Frühjahr zu Spätsommer 1967 sehr stark zu, abgesehen davon, daß eine starke Abnahme bei der Variante Stroh+UKa (IV) festgestellt wurde. Ein solches Verhalten wurde auch bei den Standorten Wellie und Wolstorf beobachtet. Die beiden Varianten UKa (II) und Stroh allein (III) zeigten etwa die gleichen Zahlen an Zellulosezersetzern, die wesentlich höher waren als die der Kontrolle. UKa zu Stroh (IV) lieferte eine deutlich niedrigere Zahl als die Kontrolle.

e. Aktinomyceten: Im Vergleich zu den Standorten Wellie und Wolstorf schienen die Zahlen der Aktinomyceten (4,5 bis 5,4 Mill/g Boden) in so einem sauren Boden wie Hainhaus hoch zu sein. Die Strohgabe (III) lieferte eine etwas höhere und UKa (II) eine etwas niedrigere Zahl als die der Kontrolle, beide Zahlen wiesen aber keine deutliche Wirkung gegenüber der Kontrolle auf.

- 41 -

Die Strohgabe (III) zeigte eine günstigere Wirkung auf die Aktinomyceten als die UKa-Düngung (II). Die UKa-Düngung zu Stroh (IV) lieferte nicht nur eine deutlich niedrigere Zahl als die Kontrolle, sondern schien auch ungünstig auf die Zahl der Aktinomyceten im Vergleich zu Stroh allein (III) zu wirken. Sie zeigte die niedrigste Zahl wie das auch bei den Gesamtkeimzahlen bzw. den Zellulosezersetzern der Fall war.

f. Pilze: Die Zahl der Pilze auf Malz-Agar nahmen ebenso wie die der Zellulosezersetzer vom Frühjahr zu Spätsommer 1967 sehr stark zu. Die UKa-Düngung (II) zeigte keine Wirkung gegenüber der Kontrolle. Stroh allein (III) lieferte dagegen eine deutlich höhere Pilzzahl als die Kontrolle. Die ungünstige Wirkung der UKa-Düngung zu Stroh (IV) gegenüber Stroh allein (III), die bei den Zellulosezersetzern bzw. den Aktinomyceten beobachtet wurde, wurde auch hier bestätigt. Die Pilzzahlen auf Bengalrosa-Malz-Agar zeigten jedoch ein anderes Bild, infolgedessen war eine Tendenz nicht zu erkennen.

g. Reaktion pH: Eine eindeutige Wirkung auf die Bodenreaktion (pH) war auch im Spätsommer 1967 wie im Frühjahr durch die Düngung mit UKa (II) oder Stroh (III) bzw. Stroh+UKa (IV) nicht feststellbar.

4.4 Standort Ropperode

4.4.1 Beschreibung von Boden und Versuchsanlage

Der Versuch Ropperode liegt einige km südlich von Wolfshagen (bei Kassel). Die Vegetationszeit ist wegen der ungünstigen klimatischen Lage (370 m über NN) so kurz, daß ein Zwischenfruchtanbau nicht möglich ist. Die jährliche Niederschlagsmenge dieses Standorts beträgt im Durchschnitt 750 mm (Angabe des Versuchsanstellers). Der Boden, ein lehmiger Schluff (1U), ist eine Parabraunerde auf Löß und hat einen pH-Wert von 6,5. Aufgrund von C-Gehalt (1,15 %), T-Wert (10,7 mval), H-Wert (1,1 mval) und N-Gehalt (0,11 %) bezeichnete THALMANN (1967)

den Boden von Ropperode als fruchtbar und gab ihm den Fruchtbarkeitsfaktor 79.

Der Versuch war als Langparzellenversuch angelegt mit vierfacher Wiederholung der folgenden Versuchsglieder:

- | | | |
|------|---|---------------------------|
| I. | ohne Stroh, ohne Kalkstickstoff | (Kontrolle) |
| II. | ohne Stroh, +Kalkstickstoff (UKa,
40 bis 60 kg N/ha | (UKa ₁) |
| III. | + Stroh (60 dz/ha), ohne Kalkstickstoff | (Stroh allein) |
| IV. | + Stroh (60 dz/ha), + Kalkstickstoff
(UKa ₁ 40 bis 60 kg N/ha) | (Stroh+UKa ₁) |
| V. | + Stroh (60 dz/ha), + Kalkstickstoff
(UKa ₂ 60 bis 120 kg N/ha) | (Stroh+UKa ₂) |

Die Hackfruchtarme Fruchtfolge war folgende:

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1958 <u>Hafer-Gerste</u> | 1963 <u>Winterweizen</u> |
| 1959 <u>Kartoffeln</u> | 1964 Sommergerste |
| 1960 Winterweizen | 1965 Roggen |
| 1961 Wintergerste | 1966 <u>Hafer</u> |
| 1962 <u>Hafer</u> | 1967 <u>Sommergerste</u> |

Bei den unterstrichenen Früchten wurde die Strohgabe zu den Varianten III, IV und V und die Kalkstickstoffgabe zu den Varianten II, IV und V im Herbst des Vorjahres gegeben.

Die erste Probenahme erfolgte im Spätsommer 1966 (am 16.9.1966), als das Haferstroh auf dem Boden lag, aber noch nicht eingebracht war. Durch diese Probenahme sollte also die Nachwirkung des im Herbst 1965 eingearbeiteten Strohs bzw. Kalkstickstoffs geprüft werden. Im Herbst (am 11.10.1966, wurde das Haferstroh (60 dz/ha) in den Varianten III, IV und V eingearbeitet und der Kalkstickstoff in Höhe von 40 kg N/ha (UKa₁) zu den Varianten II und IV und in Höhe von 60 kg N/ha (UKa₂) zu der Variante V zugegeben. Durch die zweite Probenahme im Herbst (am 24.11.1966, wurde also die Wirkung der frischen Stroh- bzw. Kalkstickstoffgabe erfaßt. Im Frühjahr 1967 (am 8.5.1967) wurden Bodenproben zum 3. Mal unter Sommergerste entnommen. Die 4. Probenahme erfolgte im Spätsommer 1967 (am 5.9.1967) kurz nach der Ernte.

Vor der ersten Untersuchung wurde also im Laufe der Fruchtfolge 5 mal und vor der zweiten Untersuchung 6 mal Stroh bzw. Kalkstickstoff gegeben.

4.4.2 Untersuchungsergebnisse (Tab. 6a und 6b)

4.4.2.1 Spätsommer 1966 (Probenahme am 16.9.1966) nach Hafer, Nachwirkung der Stroh- bzw. Kalkstickstoffgabe im Herbst 1965 zu Hafer (Tab. 6a)

a. Dehydrogenaseaktivität (DHA): Eine leichte Förderung der DHA gegenüber der Kontrolle war nur bei den Varianten UKa₁ (II, und Stroh+UKa₁ (IV) feststellbar. Die Unterschiede zwischen den DHA-Werten der anderen Varianten und denen der Kontrolle waren dagegen nicht signifikant. Nur die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) konnte eine positive Wirkung gegenüber Stroh allein (III) zeigen. Der Standort Ropperode zeigte wesentlich höhere DHA-Werte als der Standort Hainhaus.

b. Gesamtkeimzahlen: Im allgemeinen lagen die Keimzahlen auf Fleisch-Hefeextrakt-Agar in Ropperode etwas höher als in Hainhaus. In Analogie mit den DHA-Werten zeigten auch hier die Varianten UKa₁ (II) und Stroh+UKa₁ (IV) eine positive Wirkung. Die Variante Stroh allein (III) zeigte gegenüber der Kontrolle auch eine positive Wirkung. Während die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) gegenüber Stroh allein (III) keine Wirkung aufwies, zeigte die erhöhte Gabe zu Stroh (V) eine deutlich niedrigere Keimzahl als die Variante Stroh allein (III), und lag unwesentlich höher als die der Kontrolle.

c. Reaktion (pH): Die pH-Werte waren in Ropperode deutlich höher als in Hainhaus. Eine Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf den pH-Wert wurde nicht beobachtet.

T a b e l l e 6a¹⁾ Standort Ropperode

Mikrobiologische Aktivität des Bodens im Spätsommer und im Herbst 1966

Variante	CO ₂ %	pH	D II A		CO ₂ -Entwicklung		Keimzahlen	
			X _{TPF} /10 g Boden	Relat. Zahl	mg CO ₂ /100 g Boden/24 St	Relat. Zahl	M-Hefe-Agar Will/g Relat. Zahl Boden	
16.9.1966								
I Kontrolle	23,03	6,4	1213	100	-	-	3,2	100
II UKa ₁	22,46	6,4	1343 ⁺	111	-	-	10,5	328
III Stroh allein	23,32	6,4	1169	96	-	-	9,4	294
IV Stroh + UKa ₁	22,97	6,4	1363 ⁺	112	-	-	8,15	255
V Stroh + UKa ₂	22,96	6,4	1243	103	-	-	4,9	153
12.11.1966								
I Kontrolle	26,09	-	950	100	10,3	100	-	-
II UKa ₁	25,87	-	1025	108	11,0	107	-	-
III Stroh allein	26,61	-	1010	106	12,2	118	-	-
IV Stroh + UKa ₁	26,71	-	1040	110	11,7	114	-	-
V Stroh + UKa ₂	27,40	-	1080 ^x	114	14,9	140	-	-

x Differenz gegen Kontrolle mit P > 5 % gesichert.
 x Differenz gegen Kontrolle mit P > 10 % gesichert; x Differenz gegen Kontrolle mit P > 5 % gesichert.
 1 = Differenz gegen Kontrolle (1967).

4.2.2 Herbst 1966 (Probenahme am 24.11.1966), 6 Wochen
nach der Strohgabe bzw. Kalkstickstoffdüngung (Tab. 6a)

a. D H A: Aufgrund der Ergebnisse vom Spätsommer 1966 hätten höhere DHA-Werte nach der Stroh- bzw. Kalkstickstoffgabe erwartet werden können. Das war jedoch nicht der Fall, sondern die Werte lagen ausnahmslos niedriger. Diese Tatsache wurde wesentlich dadurch bedingt, daß der Boden vor dieser Probenahme schon gefroren war. Trotzdem waren geringe Unterschiede zwischen den Varianten UKa₁ (II), Stroh allein (III) und Stroh+UKa₁ (IV) und der Kontrolle feststellbar. Nur die Variante Stroh+UKa₂ (V) zeigte eine signifikante positive Wirkung gegenüber der Kontrolle. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) zeigte einen etwas höheren DHA-Wert und die erhöhte Gabe (V) einen noch höheren Wert gegenüber Stroh allein (III), jedoch waren diese Unterschiede nicht sehr deutlich.

b. CO₂-Entwicklung: Die Strohgabe allein (III) lieferte einen höheren Wert der CO₂-Produktion (Methode ISERMEYER, als die Kontrolle. Die UKa-Düngung allein (II) zeigte keine Wirkung gegenüber der Kontrolle. Während die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) keine Wirkung gegenüber Stroh allein (III) aufwies, wurde die CO₂-Produktion durch die erhöhte Gabe (UKa₂) zu Stroh (V) stärker gefördert als durch Stroh allein (III).

4.4.2.3 Frühjahr 1967 (Probenahme am 8.5.1967) unter
Sommergerste (Tab. 6b)

a. D H A: Die DHA-Werte lagen in Ropperode auch im Frühjahr wesentlich höher als in Hainhaus. Sie nahmen während des Winters sehr deutlich ab. Die Variante Stroh+UKa₂ (V) war die einzige die überhaupt eine positive Wirkung gegenüber der Kontrolle aufwies. Die anderen Varianten zeigten niedrigere DHA-Werte ohne signifikante Unterschiede gegenüber der Kontrolle. Weder die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) noch die erhöhte Gabe (V) konnten eine Wirkung auf die DHA gegenüber der Variante Stroh allein (III) erzielen.

Tabelle 6b. Standort Kopperode

Mikrobiologische Aktivität des Bodens in Frühjahr und im Spätsommer 1961

Anlage	Kulturboden	pH	CO ₂ -Entwicklung, ml		Gesamtkeimzahl auf Bodenextrakt-Agar		Zellulose-Setzer		Aktivität mycelien		Tausend, 5 Boden		auf malziger Tausend, 5 Boden		verfäulnis-gehalt, 100 g Boden	
			mg CO ₂ /100 g B. 48 Std.	pH	Meth. Isenmeyer 2 ppm, 100 g B. 4-25 Std.	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH
I Kontrolle	21,55	8,50	824	100	12,81	100	147	100	37,6	100	364,0	100	-	117,7	100	-
II Uka 1	21,28	8,55	783	95	13,07	102	152	104	55,4	147	1152,2	317	-	120,6	110	-
III Stroh allein	21,41	8,55	800	105	16,05	125	181	125	55,1	141	1153,4	317	-	142,1	141	-
IV Stroh + Uka 1	21,06	8,55	801	97	14,19	111	162	110	74,6	190	365,0	100	-	194,7	165	-
V Stroh + Uka 1	21,24	8,60	879 ^x	107	15,74	125	176	120	80,9	215	909,3	250	-	63,4	79	-
Sommer 1961																
I Kontrolle	20,28	8,50	1068	100	12,12	100	159	100	77,4	100	90,2	100	1,724	100	124,5	100
II Uka 2	20,97	8,55	965 ^x	90	14,05	116	128	92	74,6	96	302,4	335	1,855	100	151,1	110
III Stroh allein	21,15	8,55	1064	100	16,08	135	126	91	96,5	125	545,2	604	1,478	109	154,5	108
IV Stroh + Uka 1	20,69	8,55	1050	98	16,44	156	119	86	108,4	140	90,7	101	1,954	112	141,5	114
V Stroh + Uka 2	20,92	8,60	1021	96	12,18	101	115	63	90,7	117	90,7	101	2,116	123	155,6	107

x - Differenz gegen Kontrolle und P > 5%, gesichert

b. CO₂-Entwicklung: Auch die CO₂-Produktion war bei Ropperode im Frühjahr sowohl nach der Methode ISERMEYER als auch nach der URAS-Methode wesentlich höher als in Hainhaus. Die Unterschiede in der Wirkung der Düngung auf die CO₂-Produktion (ISERMEYER, war im Frühjahr deutlicher zu erkennen als bei der DHA. Durch die UKa-Düngung allein (II) wurde die CO₂-Produktion nicht gefördert, wohl aber durch die Strohgabe allein (III). Die Düngung mit der einfachen UKa-Gabe zu Stroh (IV) lieferte zwar einen höheren CO₂-Wert als der der Kontrolle, jedoch lag ihr Wert niedriger als der der Variante mit Stroh allein (III). Die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) zeigte keine Wirkung gegenüber Stroh allein (III). Die mit der URAS-Methode ermittelten CO₂-Werte stimmten in der Tendenz mit denen von ISERMEYER völlig überein.

c. Gesamtkeimzahlen: Ebenso wie die Werte der DHA und CO₂-Entwicklung (ISERMEYER und URAS) waren die Gesamtkeimzahlen auf Bodenextrakt-Agar in Ropperode wesentlich höher als in Hainhaus. Eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der CO₂-Produktion zeigten die Gesamtkeimzahlen in dem Sinne, daß bei den Varianten mit Stroh(III) bzw. Stroh+UKa (IV und V) deutlich höhere Keimzahlen gefunden wurden als bei der Kontrolle. Die UKa-Düngung (II) und die Strohgabe (III) zeigten die gleiche positive Wirkung auf die Keimzahl gegenüber der Kontrolle. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) wies eine noch stärkere positive Wirkung als die der Variante Stroh allein (III) auf. Die höchste Keimzahl wurde bei der Variante mit erhöhter UKa-Gabe zu Stroh (V) gefunden.

d. Zellulosezer-setzer: Die Zahlen der Zellulosezer-setzer lagen in Ropperode auch wesentlich höher als in Hainhaus. Die UKa-Düngung (II) und die Strohgabe (III) zeigten auch hier die gleiche starke positive Wirkung gegenüber der Kontrolle. Im Gegensatz dazu lieferte die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) eine wesentlich niedrigere Zahl als die der Variante Stroh allein (III).

Die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh zeigte zwar eine mehr als die 2-fache Zahl gegenüber der Kontrolle, jedoch lag sie niedriger als die Variante Stroh allein (III).

e. Pilze: In Ropperode waren die Pilzzahlen nur etwas höher als in Hainhaus. Sie lag bei der Variante mit UKa allein (II) etwas höher als bei der Kontrolle, noch höher war die Pilzzahl bei der Variante Stroh allein (III). Durch die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) wurde eine deutlich höhere Pilzzahl gefunden als bei Stroh allein (III). Die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) lieferte die niedrigste Pilzzahl überhaupt.

f. pH: Eine gewisse Verschiebung der Bodenreaktion konnte vom Spätsommer 1966 (pH 6,4) zum Frühjahr 1967 (6,50-6,60) festgestellt werden. Die größte günstige Verschiebung wurde durch die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) verursacht (+0,2 gegenüber (V) im Spätsommer 1966 und um +0,10 gegenüber der Kontrolle im Frühjahr). Die Unterschiede zwischen den Varianten im Frühjahr sind als minimal zu bezeichnen.

4.4.2.4 Spätsommer 1967 (Frobenahme am 5.9.1967) kurz nach der Ernte von Sommergerste und vor dem Einarbeiten des Strohs bzw. der Kalkstickstoffdüngung (Tab. 6b)

a. D H A: Die DHA war in Ropperode auch im Spätsommer 1967 wesentlich stärker als in Hainhaus. Hier lagen die DHA-Werte deutlich höher als im Frühjahr 1967 und erreichten die im Herbst 1966 ermittelte Höhe, sie lagen aber niedriger als im Spätsommer 1966. Weder die Strohgabe (III) noch die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) bzw. die erhöhte Gabe (V) zeigten eine Wirkung gegenüber der Kontrolle. Die UKa-Düngung allein (II) wies einen signifikant niedrigeren DHA-Wert auf als die Kontrolle. Die UKa-Düngung zu Stroh (IV u. V) zeigte auch keine Wirkung gegenüber Stroh allein (III).

b. CO₂-Entwicklung: Auch die ermittelte CO₂-Produktion im Spätsommer 1967 war sowohl nach der Methode ISERMEYER als auch nach der URAS-Methode bei Ropperode wesentlich stärker als bei Hainhaus. Die CO₂-Werte nach ISERMEYER waren im Spätsommer 1967 bei den Varianten UKa₁ (II) und Stroh+UKa₁ (IV) etwas höher, bei Stroh+UKa₂ (V) deutlich niedriger als im Frühjahr und bei der Kontrolle (I) und Stroh allein (III) ebenso hoch wie im Frühjahr. Sie zeigten allerdings deutlichere Unterschiede zwischen den Varianten als bei der DHA. Die UKa-Düngung allein (II) zeigte noch eine positive Wirkung gegenüber der Kontrolle. Die Strohgabe (III) wies eine stärkere positive Wirkung auf als die der UKa-Düngung allein (II). Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) zeigte keine Wirkung gegenüber Stroh allein (III). Die erhöhte Gabe zu Stroh (V) lieferte dagegen einen deutlich niedrigeren CO₂-Wert als die Variante Stroh allein (III) und stimmte mit der Kontrolle überein. Die mit dem URAS ermittelten CO₂-Werte zeigten ein anderes Bild, danach war die CO₂-Entwicklung im Spätsommer deutlich schwächer als im Frühjahr. Hier lieferten alle Versuchsglieder niedrigere Werte als die Kontrolle. Die im Frühjahr festgestellte positive Wirkung der verschiedenen Düngungsvarianten auf die CO₂-Entwicklung gegenüber der Kontrolle war also verschwunden. Die UKa-Düngung zu Stroh (IV u. V) zeigte gegenüber der Kontrolle noch niedrigere CO₂-Werte als die der Variante Stroh allein (III).

c. Gesamtkeimzahlen: Bei allen Probenahmen waren in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der DHA und der CO₂-Entwicklung die Gesamtkeimzahlen in Ropperode auch im Spätsommer wesentlich höher als in Hainhaus. Auch hier wurden im Spätsommer deutlich höhere Keimzahlen gefunden als im Frühjahr; allerdings waren bei den Gesamtkeimzahlen deutlichere Unterschiede feststellbar als bei der DHA. Die im Frühjahr noch feststellbare positive Wirkung der UKa-Düngung (II) gegenüber der Kontrolle war im Spätsommer nicht mehr erkennbar. Im Gegensatz dazu zeigte die Strohgabe allein (III) eine deutlich höhere Keimzahl als die Kontrolle bzw. die UKa₁ (II). Die einfache UKa-Gabe zu Stroh lieferte eine noch höhere Zahl als Stroh allein (III).

Die erhöhte Gabe zu Stroh (V) zeigte dagegen keine Wirkung gegenüber Stroh allein (III) und wies eine deutlich niedrigere Keimzahl auf als bei der einfachen Gabe zu Stroh (IV).

d. Zellulosezersetzer: Im Gegensatz zu den Ergebnissen der vorherigen Untersuchungen (DHA, CO_2 und Gesamtkeimzahlen) waren die Zahlen der Zellulosezersetzer in Ropperode im Spätsommer nicht mehr denen in Hainhaus überlegen, sie waren sogar bei manchen Varianten niedriger als in Hainhaus. Ein weiterer Gegensatz bestand darin, daß die Zahl der Zellulosezersetzer vom Frühjahr zum Spätsommer stark abnahm. Das Gegenteil davon wurde bei mehreren Standorten (Wellie, Wolstorf und Hainhaus) festgestellt. Die UKa-Düngung allein (II) zeigte noch im Spätsommer eine positive Wirkung gegenüber der Kontrolle. Die Strohgabe allein (III) wies eine noch stärkere positive Wirkung als die Variante UKa allein (II) auf. Die UKa-Düngung (beide Gaben) zu Stroh (IV u. V) lieferte die gleiche Zahl an Zellulosezersetzern und zeigte keine Wirkung gegenüber der Kontrolle.

e. Aktinomyceten: Die Zahlen an Aktinomyceten waren in Ropperode wesentlich niedriger als in Hainhaus, obwohl der Boden von Hainhaus eine deutlich sauerere Reaktion (pH 5,6-5,7) zeigte als der Boden von Ropperode (pH 6,5-6,6). Die Varianten mit UKa₁ (II) und Stroh allein (III) lieferten zwar etwas höhere Zahlen an Aktinomyceten als die Kontrolle, jedoch zeigten sie keine deutliche Wirkung. Die UKa-Düngung (beide Gaben) zu Stroh (IV u. V) wies eine positive Wirkung gegenüber der Kontrolle auf. Während die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) sich gegenüber Stroh allein (III) nicht bemerkbar machte, zeigte die erhöhte Gabe zu Stroh (V) eine leichte positive Wirkung gegenüber Stroh allein (III).

f. Pilze: Im Gegensatz zu den Ergebnissen von DMA, CO_2 -Entwicklung und Gesamtkeimzahlen waren die Pilzzahlen sowohl auf Malz-Agar als auch auf Bengalrosa-Malz-Agar in Ropperode wesentlich niedriger als in Hainhaus. Die auf Malz-Agar ermittelten Pilzzahlen waren im Frühjahr im allgemeinen nur geringfügig höher als im Spätsommer 1967, abgesehen davon, daß ihre Zahl bei der Variante Stroh+UKa₁ (IV) wesentlich niedriger war. Die bei den Varianten UKa₁ (II) und Stroh allein (III) gefundenen Pilzzahlen lagen etwas höher als die der Kontrolle, sie deuteten jedoch auf keine Wirkung gegenüber der Kontrolle hin. Nur die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) konnte noch eine positive Wirkung gegenüber der Kontrolle zeigen, sie blieb allerdings ohne Wirkung gegenüber Stroh allein (III). Die im Frühjahr feststellbare negative Wirkung bei der Variante mit erhöhter UKa-Gabe zu Stroh (V) gegenüber der Kontrolle bzw. Stroh allein (III) war im Spätsommer 1967 nicht mehr vorhanden, sie zeigte sogar eine etwas höhere Pilzzahl als die Kontrolle, die gefundenen Zahlen wiesen jedoch keine Wirkung gegenüber der Kontrolle bzw. Stroh allein (III) auf.

Die Pilzzahlen auf Bengalrosa-Malz-Agar lieferten insofern ein anderes Bild, als die höchste Pilzzahl bei der Kontrolle gefunden wurde. Die UKa-Düngung allein (II) zeigte eine etwas niedrigere Pilzzahl als die Kontrolle. Auch bei der Strohgabe (III) bzw. der einfachen UKa-Gabe zu Stroh (IV) war eine negative Wirkung auf die Pilze feststellbar. Durch die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) wurde sie aufgehoben.

g. Reaktion (pH): Die gleichen pH-Werte wie im Frühjahr wurden im Spätsommer 1967 gemessen, sie waren in Ropperode wesentlich höher als in Hainhaus und die Unterschiede zwischen den Varianten waren als minimal zu bezeichnen.

4.5 Standort Kleinseelheim

4.5.1 Beschreibung von Boden und Versuchsanlage

In einer Höhe von 110 m über NN liegt Kleinseelheim einige Kilometer südlich von Marburg in der Nähe von Rauisch-Holzhausen und hat einen Jahresdurchschnitt von 600 mm Niederschlag. Der Boden ein lehmiger Schluff (1 U) ist wie der Boden von Ropperode eine Parabraunerde auf Löss, ist aber heller gefärbt und hat einen niedrigeren pH-Wert (5,1). Der C-Gehalt beträgt 1,0 %, der N-Gehalt 0,11 %. In Anbetracht des niedrigen T-Wertes (7,0 mval), des niedrigeren pH-Werts (5,1) und des hohen H-Werts (2,3 mval) schloß THALMANN (1967), daß er weniger fruchtbar als der Boden Ropperode ist und sein Fruchtbarkeitsfaktor von 69 zu hoch erscheint.

Als Langparzellenversuch mit vierfacher Wiederholung der folgenden Versuchsglieder wurde der Versuch im Jahre 1957 angelegt:

I	ohne Stroh, ohne Kalkstickstoff	(Kontrolle)
II	ohne Stroh, + Kalkstickstoff (UKa ₁ 40 bis 60 kg N/ha)	(UKa ₁)
III	+ Stroh (60 dz/ha), ohne Kalkstickstoff	(Stroh allein)
IV	+ Stroh (60 dz/ha, + Kalkstickstoff (UKa ₁ 40 bis 60 kg N/ha)	(Stroh+UKa ₁)
V	+ Stroh (60 dz/ha), + Kalkstickstoff (UKa ₂ 60 bis 120 kg N/ha)	(Stroh+UKa ₂)

Neben der Versuchsanlage lag ein Streifen, den der Eigentümer des Bodens regelmäßig zu Hackfrucht (Herbst 1958 und 1962) mit Stallmist in Höhe von 250 dz/ha versorgt hatte. Von diesem Rand wurden Bodenproben als Stallmistvergleich entnommen (Versuchsglied VI). Folgende Fruchtfolge wurde durchgeführt: (zu den unterstrichenen Früchten wurde im Herbst des Vorjahres Stroh bzw. Kalkstickstoff gegeben).

1958 <u>Hafer</u>	1964 <u>Winterweizen</u>
1959 <u>Zuckerrüben</u>	1965 <u>Roggen</u>
1960 <u>Winterweizen</u>	1966 <u>Hafer</u>
1961 <u>Roggen</u>	1967 <u>Winterweizen</u>
1962 <u>Hafer</u>	1968 <u>Sommergerste</u>
1963 <u>Kartoffeln</u>	1969 <u>Zuckerrüben</u>

Im Spätsommer 1966 (am 16.9.1966) wurden die ersten Bodenproben entnommen, welche die Nachwirkung des im Herbst 1965 eingearbeiteten Roggenstrohs bzw. Kalkstickstoffs erfassen sollten. 3 Wochen danach wurde das gehäckselte Haferstroh, das nach der Ernte auf dem Boden lag, in den Varianten III, IV und V in Höhe von 60 dz/ha zu Winterweizen eingearbeitet und der Kalkstickstoff (UKa) in Höhe von 40 kg N/ha zu den Varianten II und IV und in Höhe von 60 kg N/ha zur Variante V zugegeben. Im Herbst, am 24.11.1966, (7 Wochen darauf) erfolgte die zweite Probenahme, wobei also die kurzfristige Wirkung der Stroh- und Kalkstickstoffgabe erfaßt wurde. Unter Winterweizen erfolgte im Frühjahr (am 8.5.1967) die dritte Probenahme und im Spätsommer (am 5.9.1967) nach der Ernte wurden zum 4. Mal Bodenproben entnommen. Vor der ersten Untersuchung war also zur Fruchtfolge 6 mal und vor der zweiten Untersuchung 7 mal Stroh bzw. Kalkstickstoff gegeben worden. Die letzte Stallmistdüngung zu der Variante VI erfolgte im Herbst 1962 zu Kartoffeln.

4.5.2 Untersuchungsergebnisse (Tab. 7a und 7b)

4.5.2.1 Spätsommer 1966 (Probenahme am 16.9.1966) nach Hafer, Nachwirkung der Stroh- bzw. Kalkstickstoffgabe im Herbst 1965 zu Hafer (Tab. 7a)

a. Dehydrogenaseaktivität (D H A): Der Standort Kleinseelheim zeigte zwar stärkere DHA-Werte als Hainhaus, jedoch lagen sie wesentlich niedriger als die des Standortes Ropperode. Kleinseelheim konnte allerdings eine deutlichere Wirkung der Stroh- bzw. UKa-Gabe auf die DHA aufweisen als Hainhaus bzw. Ropperode. Die UKa-Düngung allein (II) zeigte einen etwas

T a b e l l e 7a¹⁾ Standort Kleinseeheim

Mikrobiologische Aktivität des Bodens im Spätsommer und im Herbst 1966

Varianten	L ₂ O %	pH	D H A		γ _{TPF} /10 g Boden	mg CO ₂ /100 g Boden/24 St	CO ₂ -Isenmeyer relat. Zahl	Keimzahlen	
			Relat. Zahl	mg CO ₂ /100 g Boden				mill/g	Relat. Zahl
16.9.1966									
I Kontrolle	20,90	5,10	690	100	-	-	-	5,20	100
II Uka ₁	21,02	5,15	749	109	-	-	-	3,70	71
III Stroh allein	21,55	5,15	839 ^{xx}	122	-	-	-	3,96	76
IV Stroh + Uka ₁	21,57	5,20	832 ^x	121	-	-	-	3,40	65
V Stroh + Uka ₂	21,42	5,30	867 ^{xx}	126	-	-	-	8,00	154
VI Stallmist	21,23	5,70	1010 ^{xx}	140	-	-	-	9,30	179
24.11.1967									
I Kontrolle	22,24	-	790	100	6,3	100	-	-	-
II Uka ₁	22,4	-	780	99	7,0	111	-	-	-
III Stroh allein	22,91	-	720	91	8,3	132	-	-	-
IV Stroh + Uka ₁	22,80	-	830	105	8,5	135	-	-	-
V Stroh + Uka ₂	22,80	-	900 ^x	114	8,5	135	-	-	-
VI Stallmist	23,53	-	1020 ^{xx}	129	11,4	181	-	-	-

x Differenz gegen Kontrolle mit P > 5 % gesichert; xx Differenz gegen Kontrolle mit P > 1 % gesichert.

1) Lit. nach G. L. L. (1967).

höheren pH -Wert als die Kontrolle, der aber nicht signifikant war. Die mit Stroh (III, IV und V) bzw. Stallmist (VI) versehenen Parzellen wiesen dagegen signifikant höhere DHA -Werte gegenüber der Kontrolle auf, aber weder die einfache noch die erhöhte UKa -Gabe zu Stroh (IV und V) wirkten sich gegenüber Stroh allein (III) fördernd aus. Der höchste DHA -Wert wurde jedoch bei dem Versuchsglied mit Stallmist (VI) gemessen, obwohl die letzte Stallmistdüngung vor 4 Jahren erfolgte.

b. Gesamtkeimzahlen: Im Gegensatz zu den DHA -Werten wiesen die Keimzahlen auf Fleisch-Hefeextrakt-Agar keine klare Beziehung zu den oben genannten Standorten auf. Die bei den Varianten Kontrolle (I), UKa_1 (II), Stroh allein (III) und Stroh+ UKa_1 (IV) gefundenen Keimzahlen zeigten keine nennenswerten Unterschiede. Die erhöhte UKa -Düngung zu Stroh (V) lieferte dagegen eine etwas höhere Keimzahl als die Kontrolle und war deutlich höher als die der Variante Stroh allein (III) bzw. Stroh+ UKa_1 (IV). Die höchste Keimzahl wurde bei der Variante Stallmist gefunden, wie es auch bei den DHA -Werten der Fall war.

c. Reaktion (pH): Durch die Düngung mit Stroh, Kalkstickstoff und Stallmist wurden günstige Verschiebungen der Bodenreaktion (pH -Zahlen) erzielt. Die Varianten Stroh allein (III) bzw. UKa_1 allein (II) zeigten eine nur minimale Verschiebung von +0,05 gegenüber der Kontrolle (pH 5,10). Die einfache UKa -Gabe zu Stroh (IV) verursachte eine etwas höhere pH -Verschiebung (+0,10). Durch die erhöhte UKa -Gabe zu Stroh (V) wurde eine weitere Verschiebung (+0,20) erzielt und zeigte damit auch eine positive Wirkung gegenüber Stroh allein (III) bzw. UKa allein (II). Die Variante Stallmist (VI) zeigte wieder die stärkste Wirkung wie es auch bei der DHA und den Keimzahlen der Fall war. Sie zeigte die höchste pH -Verschiebung (+0,60) gegenüber der Kontrolle. Kleinseelheim zeigte deutlich niedrigere pH -Werte als der Standort Hainhaus bzw. wesentlich niedrigere als der Standort Ropperode.

4.5.2.2 Herbst 1966 (Probenahme am 24.11.1966), 7 Wochen nach der Stroh- bzw. UKa-Gabe (Tab. 7 a)

a. D H A : In Kleinseelheim waren die DHA-Werte deutlich niedriger als in Ropperode, aber wesentlich höher als in Hainhaus. Aufgrund der DHA-Werte im Spätsommer 1966, die die positive Wirkung der Strongabe noch aufweisen konnte, obwohl es sich um eine Nachwirkung handelte, hätten im Herbst 1966, also nach der Stroh- bzw. UKa-Gabe deutlich höhere DHA-Werte erwartet werden können. Das war jedoch nicht der Fall, sondern die Werte lagen im Herbst entweder unbedeutend höher (UKa_1 (II), Stroh+ UKa_2 (IV) und Stallmist(VI)) bzw. gleich (Stroh+ UKa_1 (IV)) oder deutlich niedriger (Stroh allein (III)) als im Spätsommer 1966, nur die Kontrolle zeigte einen deutlich höheren Wert. Diese Tatsache, die auch in Ropperode beobachtet wurde, wurde vermutlich auch dadurch bedingt, daß der Boden vor dieser Probenahme schon gefroren war. Die UKa-Düngung allein (II) wies gegenüber der Kontrolle keine Wirkung auf. Die Variante mit Stroh allein (III) zeigte einen niedrigeren DHA-Wert als die Kontrolle, er war allerdings nicht signifikant. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) lieferte zwar einen nicht signifikant höheren Wert als die Kontrolle, jedoch zeigte sie eine positive Wirkung gegenüber Stroh allein (III). Die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) wies eine signifikant positive Wirkung gegenüber der Kontrolle (I), bzw. UKa_1 (II) und Stroh allein (III) auf. Der höchste DHA-Wert wurde wieder bei dem Versuchsglied Stallmist (VI) gemessen.

b. CO₂-Entwicklung: Die mit der Methode ISERLEYER gemessenen Werte der CO₂-Entwicklung waren bei Kleinseelheim im Herbst deutlich niedriger als die des Standortes Ropperode, wie es auch bei den DHA-Werten der Fall war. Die Varianten mit Strohgabe (III, IV und V) zeigten in Kleinseelheim eine höhere CO₂-Entwicklung gegenüber der Kontrolle. Im Gegensatz dazu konnte die UKa-Düngung gegenüber der Kontrolle weder allein (UKa_1 - (II)) noch zu Stroh (Stroh+ UKa_1 (IV) und Stroh+ UKa_2 (V)) gegenüber Stroh allein (III) eine Wirkung auf die CO₂-Entwicklung aufweisen. Der höchste CO₂-Wert wurde wieder bei der Variante

Stallmist (VI) gemessen.

4.5.2.3 Frühjahr 1967 (Probenahme am 8.5.1967, unter Winterweizen (Tab. 7 b))

a. D H A : Die im Frühjahr ermittelten DHA-Werte waren in Kleinseelheim wieder wesentlich höher als in Hainhaus. Sie lagen aber bei Kleinseelheim in der gleichen Höhe wie in Ropperode, weil die DHA in Ropperode während des Winters deutlich abnahm, was bei Kleinseelheim nicht der Fall war. Die DHA bei Kleinseelheim blieb im Frühjahr 1967 wie im Herbst 1966 bei den Varianten Stroh+UKa₁ (IV), Stroh+UKa₂ (V) und Stallmist (VI) unverändert. Eine leichte Erhöhung der DHA wurde während des Winters bei den Varianten UKa₁ (II) und Stroh allein (III) und das Gegenteil bei der Kontrolle beobachtet. Die Unterschiede zwischen den Varianten waren im Frühjahr 1967 deutlicher als im Herbst 1966, wahrscheinlich wegen der im Herbst abnehmenden Temperatur. Hier zeigte die UKa-Düngung allein (II) gegenüber der Kontrolle eine stärkere positive Wirkung auf die DHA als die Strohgabe allein (III), ihre Werte waren jedoch signifikant höher als die der Kontrolle. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) lieferte einen etwas höheren Wert als Stroh allein (III), der aber den der Variante UKa₁ (II) nicht übertraf. Deutlich positiv gegenüber Stroh allein (III) wirkte die ernöhte UKa-Gabe zu Stroh (V). Eine deutlich stärkere DHA als die der übrigen Varianten zeigte wieder das Versuchsglied Stallmist (VI).

b. CO₂-Entwicklung: Die mit der Methode ISRAEYER in Kleinseelheim erzielten CO₂-Werte lagen im Frühjahr wesentlich höher als in Hainhaus und Ropperode. Dagegen wurden im Herbst die höchsten Werte in Ropperode ermittelt, während Kleinseelheim an 2. und Hainhaus an 3. Stelle lagen. Die UKa-Düngung allein (II) zeigte im Frühjahr bei Kleinseelheim eine nur leicht positive Wirkung auf die CO₂-Entwicklung. Die Strohgabe allein (III) zeigte dagegen einen leicht niedrigeren Wert als die Kontrolle. Durch die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) wurde die leicht negative Wirkung des Strohs (III) nicht nur aufgehoben, sondern sie führte zu einer stärkeren CO₂-Entwicklung. Weniger positiv gegenüber dem Stroh

T a b e l l e 7b Standort Kleinseeheim

Mikrobiologische Aktivität des Bodens im Frühjahr und im Spätsommer 1967

Variante	DHA			CO ₂ -Entwicklung mit Meth.-Isermeyer				Gesamtkolnizahl auf Bodensubstrakt-Agar				Zellulosezer- seizer		Aktino- mycelien		Pilze auf Malzextr.- Lager		Mikro-organismen Tausend/g Boden
	H ₂ O %	pH	Y _{TPP} / 10 g B.	%	mg CO ₂ / 100 g B. 48 Std.	%	4-25 Std.	%	Mill./g Boden	%	Tausend/g Boden	%	Mill./g Boden	%	Tausend/g Boden	%		
8. 9. 1967																		
I Kontrolle	16,50	5,15	732	100	15,38	100	199	100	24,5	100	35,0	100	-	-	151,2	100	-	
II Uka 1	16,80	5,30	872 ^{xx}	119	16,60	108	238	119	32,4	132	525,6	1504	-	-	163,5	106	-	
III Stroh allein	16,29	5,25	790 ^x	108	13,30	87	211	106	29,1	119	13,4	38	-	-	259,8	169	-	
IV Stroh+Uka 1	16,34	5,35	839 ^{xx}	114	22,52	147	232	116	34,9	143	133,8	383	-	-	159,4	105	-	
V Stroh+Uka 2	16,67	5,37	888 ^{xx}	121	17,71	115	228	114	39,7	162	233,3	668	-	-	262,5	175	-	
VI Stallmist	16,46	5,70	1053 ^{xx}	144	16,65	108	258	150	51,2	209	1106,4	3166	-	-	262,0	175	-	
2. 9. 1967																		
I Kontrolle	18,15	5,15	668	100	13,72	100	127	100	46,9	100	295,4	100	1,930	100	130,0	100	118,2	
II Uka 1	17,88	5,25	686	103	12,01	88	125	99	51,9	111	294,7	100	2,868	149	133,6	103	192,5	
III Stroh allein	18,33	5,25	734 ^x	110	11,80	86	134	106	47,7	102	295,8	100	3,327	172	161,8	125	142,0	
IV Stroh+Uka 1	18,25	5,35	789 ^{xx}	118	14,39	105	132	104	66,2	141	532,1	180	2,168	112	141,9	109	134,0	
V Stroh+Uka 2	18,12	5,35	864 ^{xx}	129	14,38	105	134	106	63,4	135	531,5	180	2,396	124	165,4	127	196,9	
VI Stallmist	18,63	5,70	1067 ^{xx}	160	15,48	113	152	120	84,2	180	89,0	30	2,491	129	136,4	105	207,7	

^x Differenz gegen Kontrolle mit P > 5 % gesichert

^{xx} Differenz gegen Kontrolle mit P > 1 % gesichert

allein (III) und der Kontrolle zeigte sich die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V). Die Stallmistdüngung (VI) zeigte zwar eine positive Wirkung auf die CO_2 -Entwicklung gegenüber der Kontrolle, sie war jedoch weniger stark als bei Stroh+UKa₁ (IV) bzw. Stroh+UKa₂ (V).

Die mit der URAS-Methode ermittelten Werte der CO_2 -Entwicklung waren in Kleinseelheim wesentlich höher als in Ropperode bzw. in Hainhaus. Sie zeigten ein anderes Bild als die CO_2 -Werte nach ISERMEYER in dem Sinne, daß die Strohgabe allein (III) eine positive Wirkung auf die CO_2 -Entwicklung gegenüber der Kontrolle und die höchste CO_2 -Entwicklung bei der Variante mit Stallmist (VI) gemessen wurde. Damit wiesen die CO_2 -Werte (URAS) in der Tendenz eine bessere Übereinstimmung mit denen der DHA auf als die Werte nach ISERMEYER!

c. Gesamtkeimzahlen: Die auf Bodenextrakt-agar ermittelten Gesamtkeimzahlen lagen im Gegensatz zu den Ergebnissen der DHA bzw. CO_2 -Entwicklung in Kleinseelheim niedriger als in Hainhaus und wesentlich niedriger als in Ropperode. Die Gesamtkeimzahlen in Kleinseelheim stimmten im Frühjahr in der Tendenz mit den DHA- und CO_2 URAS-Werten sehr gut überein. Hier war auch die positive Wirkung der UKa-Düngung allein (II) gegenüber der Kontrolle größer als die Strohgabe allein (III). Die positive Wirkung des Strohs (III) wurde durch die UKa-Düngung, sowohl in einfacher (IV) als auch in erhöhter Gabe (V), gegenüber Stroh allein (III) verstärkt. Die höchste Keimzahl wurde wiederum bei der Variante mit Stallmist (VI) gefunden.

d. Zellulosezer-setzer: Die Zahlen der Zellulosezer-setzer waren in Kleinseelheim höher als in Hainhaus und wesentlich niedriger als in Ropperode. Die Strohgabe allein (III) zeigte erstaunlicherweise die niedrigste Zahl an Zellulosezer-setzern. Im Gegensatz dazu war die positive Wirkung der UKa-Düngung sowohl allein (II) als auch in einfacher (IV) bzw. in erhöhter Gabe zu Stroh (V) gegenüber der Kontrolle und der Variante Stroh allein (III) sehr deutlich zu beobachten. Die höchste Zahl an Zellulosezer-setzern wurde bei der Variante Stallmist gefunden.

e. Pilze: Der Standort Kleinseelheim (pH 5,15-5,70) zeigte wesentlich höhere Pilzzahlen auf Malz-Agar als Hainhaus (pH 5,60-5,70) und Ropperode (pH 6,50-6,60). Die Variante UKA₁ (II) zeigte eine unwesentlich höhere Pilzzahl als die Kontrolle, Die deutliche positive Wirkung der Strohgabe allein (III) gegenüber der Kontrolle wurde durch die einfache UKA-Gabe zu Stroh (IV) aufgehoben. Die erhöhte UKA-Gabe zu Stroh (V) wies zwar eine positive Wirkung auf gegenüber der Kontrolle, aber keine Wirkung gegenüber Stroh allein (III). Die Pilzzahl der Variante mit Stallmist (VI) stimmte mit der der Variante Stroh+UKA₂ (V) überein.

f. Reaktion (pH): Die günstigen pH-Verschiebungen durch die Strohgabe bzw. UKA- und Stallmistdüngung waren im Frühjahr 1967 noch um 0,05-0,15 höher als im Spätsommer 1966. Der höchste pH-Wert (5,70) wurde wieder bei der Variante Stallmist (VI) gemessen.

4.5.2.4 Spätsommer 1967 (Probenahme am 5.9.1967) nach der Ernte und vor dem Einarbeiten des Wi.-Weizenstrohs bzw. vor der UKA-Düngung (Tab. 7 b)

a. DHA: Die DHA war im Spätsommer 1967 in Kleinseelheim deutlich schwächer als in Ropperode aber wesentlich stärker als in Hainhaus. Die DHA nahm in Kleinseelheim vom Frühjahr zum Spätsommer leicht ab im Gegensatz zu den anderen Standorten, bei denen eine leichte Zunahme der DHA vom Frühjahr zum Spätsommer (Hainhaus) bzw. eine starke Zunahme (Ropperode) beobachtet wurde. Eine deutliche Abnahme der DHA vom Frühjahr zum Spätsommer war nur bei den Varianten ohne organische Düngung (Kontrolle (I) und UKA₁ (II)) festzustellen. Während die Varianten Stroh allein (III) und Stroh+UKA₁ (IV) eine leichte Abnahme der DHA vom Frühjahr zum Spätsommer zeigten, waren bei den Varianten Stroh+UKA₂ (V) und Stallmist (VI) keine Unterschiede zu erkennen. Die positive Wirkung der UKA-Düngung allein (II) gegenüber der Kontrolle, welche im Frühjahr deutlich war, konnte im Spätsommer nicht mehr festgestellt werden. Die positive Wirkung der Strohgabe allein (III) gegenüber der Kontrolle trat aber noch im Spätsommer auf. Eine leichte Erhöhung der DHA wurde auch durch die UKA-Düngung zu Stroh (IV) gegenüber

Stroh allein (III) erzielt. Die stärkere positive Wirkung der erhöhten UKa-Gabe zu Stroh (V) gegenüber Stroh allein (III) und Stroh+UKa₁ (IV) konnte sich auch im Spätsommer behaupten. Der höchste DHA-Wert wurde wieder bei Stallmist (VI) gemessen.

b. CO₂-Entwicklung: Die CO₂-entwicklung im Spätsommer lag in Kleinseelheim sowohl nach der Methode ISERMEYER als auch nach der URAS-Methode, etwa in der gleichen Höhe wie in Ropperode und deutlich höher als in Hainhaus. Die CO₂-Entwicklung (ISERMEYER und URAS) nahm in Kleinseelheim, im Gegensatz zu den Standorten Ropperode und Hainhaus, vom Frühjahr zum Spätsommer sehr stark ab. Die CO₂-Werte (ISERMEYER) der Varianten UKa₁ (II) und Stroh allein (III) lagen ohne Unterschied leicht unter der Kontrolle. Durch die UKa-Düngung (beide Gaben) zu Stroh (IV u. V) wurde die CO₂-Entwicklung gegenüber Stroh allein (III) leicht gefördert, jedoch lagen ihre Werte nur leicht über der Kontrolle. Die Variante Stallmist (VI) zeigte auch hier die höchste Zunahme. Die mit dem URAS ermittelten CO₂-Werte zeigten keine Wirkung weder durch die UKa-Düngung allein (II), Stroh allein (III) gegenüber der Kontrolle noch durch die UKa-Düngung (beide Gaben) zu Stroh (IV u. V) gegenüber Stroh allein (III) bzw. der Kontrolle. Die einzige deutlich positive Wirkung auf die CO₂-Entwicklung wurde bei der Variante Stallmist (VI) festgestellt.

c. Gesamtkeimzahlen: Die in Kleinseelheim im Spätsommer 1967 gefundenen Gesamtkeimzahlen auf Bodenextrakt-Agar waren niedriger als in Ropperode und höher als in Hainhaus. Im Gegensatz zu Hainhaus nahmen die Gesamtkeimzahlen in Kleinseelheim vom Frühjahr zum Spätsommer stark zu, wie es auch in Ropperode der Fall war. Die Werte der DHA bzw. der CO₂-Entwicklung (ISERMEYER und URAS) nahmen dagegen in Kleinseelheim ab. Obwohl die UKa-Düngung allein (II) und die Strohgabe allein (III) keine Wirkung im Spätsommer 1967 zeigten, war eine deutlich positive Wirkung durch die UKa-Düngung (beide Gaben) zu Stroh (IV u. V) gegenüber Stroh allein (III) bzw. der Kontrolle noch im Spätsommer feststellbar. Die Variante Stallmist (VI) zeigte wieder die höchste Gesamtkeimzahl.

d. Zellulosezer-setzer: Die Zahlen der Zellulosezer-setzer waren im Spätsommer in Kleinseelheim im allgemeinen höher als in Ropperode und lagen etwa in der gleichen Höhe wie in Hainhaus. Im Gegensatz zu Ropperode und in Übereinstimmung mit Hainhaus, Wellie und Wolstorf nahmen die Zahlen an Zellulosezer-setzer auch in Kleinseelheim vom Frühjahr zum Spätsommer stark zu, abgesehen davon, daß die Variante Stallmist (VI) wie in Wellie und Wolstorf das Gegenteil zeigte. Die Zahlen der Zellulosezer-setzer zeigten dieselbe Tendenz wie die Gesamtkeimzahlen, allerdings wies die Variante Stallmist (VI) hier die niedrigste Zahl auf. Hier war auch keine Wirkung durch die UKa-Düngung allein (II) bzw. Strohgabe allein (III) gegenüber der Kontrolle deutlich. Die positive Wirkung der UKa-Düngung (beide Gaben) zu Stroh (IV u. V) gegenüber Stroh allein (III) auf die Zahl der Zellulosezer-setzer war jedoch größer als bei den Gesamtkeimzahlen.

e. Aktinomyceten: Die Zahlen der Aktinomyceten zeigten ein anderes Bild, denn sie waren in Kleinseelheim deutlich höher als in Ropperode und wesentlich niedriger als in Hainhaus. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der CO_2 -Entwicklung (ISERMEYER und URAS), Gesamtkeimzahl und Zellulosezer-setzer in Kleinseelheim wurden bei der Variante UKa₁ (II) wesentlich höhere und bei der Variante Stroh allein (III) noch höhere Zahlen an Aktinomyceten gefunden als bei der Kontrolle. Weiterhin wies die UKa-Düngung (beide Gaben) zu Stroh (IV u. V) auch im Gegensatz zu den Ergebnissen der DHA, eine negative Wirkung gegenüber Stroh allein (III) auf. Die Zahl der Aktinomyceten bei der Variante Stallmist (VI) lag nur leicht höher als die der Kontrolle.

f. Pilze: Kleinseelheim zeigte im Spätsommer etwas höhere Pilzzahlen auf Malz-Agar als Ropperode und wesentlich niedrigere als Hainhaus. Die Pilzzahlen auf Bengalrosa-Malzagar waren in Kleinseelheim deutlich höher als in Ropperode und Hainhaus. Im Gegensatz zu den anderen Standorten nahmen die Pilzzahlen auf Malz-Agar in Kleinseelheim vom Frühjahr zum Spätsommer mehr oder weniger stark ab. Die Pilzzahlen auf Malz-Agar zeigten gegenüber der Kontrolle keine Wirkung sowohl durch die UKa-Düngung allein (II)

bzw. die Stallmistdüngung (VI) als auch durch die UKa-Düngung zu Stroh (IV u. V) gegenüber Stroh allein. Die Variante mit Stroh allein (III) bzw. die mit Stroh+UKa₂(V) waren die einzigen Varianten die eine leichte positive Wirkung gegenüber der Kontrolle aufwiesen. Demgegenüber zeigten die Pilzzahlen auf Bengalrosa-Malz-Agar eine deutlich positive Wirkung durch die Düngung mit UKa (II) und Stallmist (VI) gegenüber der Kontrolle. Eine leicht positive Wirkung gegenüber der Kontrolle wurde durch die Strohgabe allein (III) festgestellt. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) wies keine Wirkung gegenüber Stroh allein (III) auf, jedoch zeigte die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) eine wesentlich höhere Pilzzahl als Stroh allein (III).

g. Reaktion (pH): Die günstigen pH-Verschiebungen durch die verschiedenen Düngungsarten gegenüber der Kontrolle blieben bestehen.

4.6 Standort Mühlfeld

4.6.1 Beschreibung von Boden und Versuchsanlage

In einer Höhe von 450 m über NN liegt das Versuchsfeld Mühlfeld in Weiherstephan bei München und hat im Durchschnitt 770 mm Jahres-Niederschlag. Seine jährliche Mitteltemperatur beträgt $7,7^{\circ} \text{C}^*$) Der Boden ist nach den Angaben des bayerischen geologischen Landesamtes von München (1963) eine Braunerde mit geringer Basensättigung aus zumeist umgelagertem sandig-lehmigem Tertiärmaterial. Seine Textur ist sandiger Lehm (s L) und hat einen pH-Wert von 6,45 bis 6,60.

Der Versuch der von dem Institut für Pflanzenernährung der T.H. München im Jahre 1958 angelegt und betreut wurde, bestand aus 2 Reihen, und zwar eine ohne und die andere mit Gründüngung. Beide Reihen umfaßten folgende 6 Varianten:

I	ohne Stroh, ohne Kalkstickstoff	(Kontrolle)
II	ohne Stroh, + Kalkstickstoff (UKa_1 60 kg N/ha)	(UKa_1)
III	+ Stroh (60 dz/ha), ohne Kalkstickstoff	(Stroh allein)
IV	+ Stroh (60 dz/ha), + Kalkstickstoff (UKa_1 60 kg N/ha)	(Stroh+ UKa_1)
V	+ Stroh (60 dz/ha), + Kalkstickstoff (UKa_2 120 kg N/ha)	(Stroh+ UKa_2)
VI	+ Stallmist (300 dz/ha)	(Stallmist)

Die Varianten I-V waren im Langparzellenversuch angeordnet mit sechsfacher Wiederholung (Teilstückgröße $5 \times 12 = 60 \text{ qm}$). Die Variante mit Stallmist (VI) war mit 4 Parzellen (Teilstückgröße $5 \times 6 = 30 \text{ qm}$) vertreten, die an den beiden Seiten des Versuches lagen. Die Reihe mit Gründüngung hatte die gleiche Anordnung. Folgende Fruchtfolge wurde durchgeführt:

1959	<u>Kartoffeln</u>	1964	Sommergerste
1960	Winterweizen	1965	<u>Kartoffeln</u>
1961	<u>Kartoffeln</u>	1966	Winterweizen
1962	Wintergerste	1967	<u>Futterrüben</u>
1963	<u>Futterrüben</u>		

*) Angaben aus der Versuchsstation

Zu den unterstrichenen Hackfrüchten wurden bei der Reihe ohne Gründüngung im Herbst des Vorjahres das gehäckselte Stroh der Getreidefrucht (in Höhe von 60 dz/ha) in den Varianten III, IV und V eingearbeitet und die Kalkstickstoffdüngung in Höhe von 60 kg N/ha zu den Varianten II und IV bzw. in Höhe von 120 kg N/ha zu der Variante V zugegeben. Auch die Stallmistdüngung wurde zu der Variante VI in Höhe von 300 dz/ha im Herbst des Vorjahres gegeben. Bei der Reihe mit Gründüngung wurde der Lihoraps der im Spätsommer gesät wurde, zusätzlich zu den unterstrichenen Hackfrüchten auch im Herbst des Vorjahres aber bei allen Varianten eingepflügt. Die Grunddüngung mit NPK war bei allen Varianten bzw. bei den beiden Reihen gleich, abgesehen davon, daß zu dem Lihoraps eine zusätzliche N-Düngung in Höhe von 30-40 kg N/ha erfolgte. Im Spätsommer 1966 wurde das gehäckselte Wi.-Weizenstroh ausgestreut und der Raps bei der Reihe mit Gründüngung eingesät, der 4 Wochen später mit 30 kg N/ha als Kalkammonsalpeter gedüngt wurde. Im Herbst wurden Stroh, UKA-Gaben, Rapspflanzen und Stallmist eingepflügt. Im Frühjahr 1967 (am 13.4.1967) erfolgte die erste Probenahme direkt vor der Aussaat der Futterrüben bzw. vor der Grunddüngung mit NPK. Die zweite Probenahme erfolgte im Spätsommer (am 7.8.1967) unter den noch wachsenden Futterrübenpflanzen. Die Fruchtfolge hat also vor der ersten Probenahme 5 mal Stroh, Kalkstickstoff und Stallmist bekommen und in der Reihe mit Gründüngung wurde der Bestand 5 mal untergepflügt.

4.6.2 Untersuchungsergebnisse

4.6.2.1 Reihe ohne Gründüngung (Tab. 8 a)

4.6.2.1.1 Frühjahr 1967 (Probenahme am 13.4.1967)

a. Denitrogenaseaktivität (DNA): Der Standort Mühlfeld zeigte im Frühjahr deutlich höhere DNA-Werte als Kleinseeheim bzw. Roppe-
rode und wesentlich höhere DNA-Werte als Hainhaus, jedoch wurden
in Mühlfeld weniger signifikante Unterschiede als bei Kleinsee-
heim erzielt. Die UKA-Düngung allein (II) wies keine Wirkung

T a b e l l e 8a Standort Mühlfeld (ohne Grününgung)
Mikrobiologische Aktivität des Bodens im Frühjahr und im Spätsommer 1967

Variante	H ₂ O %	pH	↓TPP/ 10 g B. %	DHA	CO ₂ -Entwicklung mit			Gesamtextrakt auf		Zellulosever-		Aktivität		Flora auf		
					Keth. Isenmeyer		eth. RAS	Lodextrakt-Agar		setzer		Mykoten		Kultagar		
					mg CO ₂ / 100 g B. 48 Std. %	%	Zppm CO ₂ / 100 g B. 4-23 Std. %	Boden %	Mill./g Boden	Tausend/g Boden	Mill./g Boden	Tausend/g Boden	Mill./g Boden	Tausend/g Boden		
13. 4. 1967																
I Kontrolle	21,63	6,50	1020	100	17,13	100	120	100	58,1	100	5,5	100	-	-	-	-
II Uka 1	22,15	6,50	1009	99	11,45	67	127	106	33,0	87	55,0	1004	-	-	-	-
III Stroh allein	22,01	6,50	1077	106	14,23	83	162	135	45,5	120	50,5	557	-	-	-	-
IV Stroh+Uka 1	22,42	6,50	1086	107	14,71	86	155	129	51,4	135	11,6	212	-	-	-	-
V Stroh+Uka 2	23,31	6,50	1169 ^{xx}	115	17,74	104	186	155	38,0	100	117,2	2140	-	-	-	-
VI Stallmist	22,08	6,60	1275 ^{xx}	125	14,34	84	144	120	37,0	97	18,3	335	-	-	-	-
7. 6. 1967																
I Kontrolle	21,15	6,50	782	100	9,49	100	104	100	53,6	100	54,5	100	3,796	100	121,2	100
II Uka 1	20,86	6,50	726	95	6,91	73	99	95	79,8	149	114,8	211	3,787	100	133,0	110
III Stroh allein	21,94	6,50	753	96	12,68	136	110	105	80,5	150	91,5	168	3,292	87	97,6	81
IV Stroh+Uka 1	22,39	6,50	828	106	10,23	108	102	99	72,0	136	55,1	101	4,121	109	128,5	106
V Stroh+Uka 2	22,10	6,50	842 ^x	108	7,95	84	104	100	72,9	136	549,5	1008	3,215	85	146,5	121
VI Stallmist	22,61	6,60	835 ^x	107	11,01	116	122	117	82,6	154	551,8	1012	2,697	177,6	147	183,9

^xDifferenz gegen Kontrolle mit P > 5 % gesichert

^{xx}Differenz gegen Kontrolle mit P > 1 % gesichert

gegenüber der Kontrolle auf. Die Strohgabe allein (III) und die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) lieferten höhere aber nicht gesicherte DHA-Werte gegenüber der Kontrolle. Während die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) keine gesicherte Wirkung gegenüber der Kontrolle bzw. keine Wirkung gegenüber Stroh allein (III) aufwies, zeigte die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) eine gesicherte positive Wirkung gegenüber der Kontrolle bzw. Stroh allein (III). Die Überlegenheit der Stallmistvariante (VI) in den DHA-Werten war gesichert.

b. CO₂-Entwicklung: Im Gegensatz zu den DHA-Werten lagen die Werte der CO₂-Produktion (ISERMEYER und URAS) im Frühjahr in Mühlfeld etwa in der gleichen Höhe wie die in Kleinseelheim und deutlich niedriger als die in Ropperode, aber wesentlich höher als in Hainhaus. Die nach der Methode ISERMEYER ermittelten CO₂-Werte wiesen keine erkennbare Tendenz auf, da der Wert der Kontrolle weit über denen der anderen Varianten lag, abgesehen davon, daß die Variante Stroh+UKa₂(V) etwa den gleichen CO₂-Wert wie die Kontrolle lieferte. Demgegenüber wiesen die mit dem URAS ermittelten Werte der CO₂-Entwicklung in der Tendenz mit denen der DHA-Werte eine gute Übereinstimmung auf, außerdem waren die Unterschiede zwischen den Varianten deutlicher. Die UKa-Düngung allein (II) zeigte auch hier keine Wirkung gegenüber der Kontrolle. Die Strohgabe allein (III) wies dagegen eine deutlich positive Wirkung gegenüber der Kontrolle auf. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) konnte die CO₂-Entwicklung gegenüber Stroh allein (III) zwar nicht fördern, wohl aber gegenüber der Kontrolle. Die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) zeigte nicht nur eine deutlich positive Wirkung gegenüber Stroh allein (III) sondern lieferte auch den höchsten CO₂-Wert. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der DHA zeigte die Stallmistdüngung (VI) nicht die stärkste Förderung der CO₂-Entwicklung wohl aber eine positive Wirkung gegenüber der Kontrolle.

c. Gesamtkeimzahlen: Die bei dem Standort Mühlfeld im Frühjahr gefundenen Gesamtkeimzahlen waren denen von Kleinseelheim bzw. Hainhaus etwa gleich und lagen deutlich niedriger als in Ropperode.

Ein leichter Rückgang der Gesamtkeimzahl war bei der Variante UKa₁(II) gegenüber der Kontrolle erkennbar, demgegenüber war eine leichte Zunahme bei der Variante Stroh allein (III) gegenüber der Kontrolle festzustellen. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) lieferte eine etwas höhere Keimzahl als die Variante Stroh allein (III). Weder die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) noch die Stallmistdüngung (VI) konnten eine Wirkung gegenüber der Kontrolle aufweisen. Ihre Gesamtkeimzahlen lagen etwas niedriger als die der Variante Stroh allein (III) bzw. deutlich niedriger als bei Stroh+UKa₁(IV).

d. Zellulosezerersetzer: Die Zahlen der Zellulosezerersetzer lagen in Mühlfeld im Frühjahr wesentlich niedriger als in Kleinseelheim bzw. Ropperode und niedriger als in Hainhaus. Sie standen weiterhin in einem Gegensatz zu den Werten der DHA, der CO₂-Entwicklung (ISERMEYER und KRAS) und der Gesamtkeimzahl, da die UKa-Düngung allein (II) eine deutlich höhere Zahl an Zellulosezeresetzern zeigte als die der Varianten Kontrolle (I), Stroh allein (III), Stroh+UKa₁(IV) und Stallmist (VI). Der Einfluß der UKa-Düngung auf die Zellulosezerersetzer war unklar, denn während die UKa-Düngung allein (II) eine deutlich positive Wirkung gegenüber der Kontrolle aufwies, zeigte die gleiche UKa-Gabe zu Stroh (IV) eine negative Wirkung gegenüber Stroh allein (III), die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) wirkte dagegen sehr deutlich positiv gegenüber Stroh allein (III) und UKa₁(II). Die Strohgabe allein (III) lieferte eine höhere Zahl als die Kontrolle. Die bei der Variante Stallmist (VI) gefundene Zahl an Zellulosezeresetzern lag zwar etwas höher als die der Kontrolle, jedoch war sie niedriger als die der Variante Stroh allein (III).

e. Reaktion (pH): Die Werte waren in Mühlfeld und Ropperode etwa gleich und wesentlich höher als in Kleinseelheim bzw. Hainhaus. Weder durch die Düngung mit UKa allein (II) bzw. Stroh allein (III) noch durch die Düngung mit UKa (beide Gaben) (IV u. V) konnte eine Verschiebung der Bodenreaktion (pH) in Mühlfeld verursacht werden. Die Variante Stallmist (VI) war also die einzige, die eine leichte günstige pH-Verschiebung um +0,10 gegenüber den anderen Varianten zeigte.

4.6.2.1.2 Spätsommer 1967 (Probenahme am 7.8.1967) unter Futterrüben

a. DHA: Im Gegensatz zu den DHA-Werten im Frühjahr zeigte der Standort Mühlfeld im Spätsommer etwa die gleichen DHA-Werte wie Kleinseelheim, abgesehen davon, daß die Variante Stallmist (VI) in Kleinseelheim einen deutlich höheren Wert als in Mühlfeld lieferte. Weiterhin waren sie in Mühlfeld wesentlich niedriger als in Ropperode, jedoch lagen sie auch im Spätsommer wesentlich höher als in Hainhaus. Die Stärke der DHA nahm in Mühlfeld im Gegensatz zu den anderen Standorten vom Frühjahr zum Spätsommer wesentlich ab. Die UKa-Düngung allein (II) zeigte einen allerdings nicht gesichert niedrigeren DHA-Wert als die Kontrolle, wie es auch im Frühjahr der Fall war. Die Strohgabe allein (III) zeigte auch im Spätsommer keine Wirkung gegenüber der Kontrolle. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) machte sich gegenüber der Kontrolle nicht bemerkbar, jedoch gegenüber Stroh allein (III). Die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) wies nur eine leichte positive Wirkung gegenüber der Kontrolle auf, wohl aber eine deutliche positive Wirkung gegenüber Stroh allein (III). Die Variante Stallmist (VI) zeigte nicht mehr den weit höheren DHA-Wert als die anderen Varianten, sondern sie lieferte nur einen Wert, der dem der Variante Stroh+UKa₂(V) etwa gleich war.

b. CO₂-Entwicklung: Der Standort Mühlfeld zeigte im Spätsommer deutlich niedrigere CO₂-Werte (ISERMEYER und URAS) als die der Standorte Kleinseelheim und Ropperode, sie lagen aber etwas höher als die des Standortes Hainhaus. Die CO₂-Entwicklung nahm in Mühlfeld in Übereinstimmung mit den anderen Standorten vom Frühjahr zum Spätsommer mehr oder weniger stark ab. Die nach der Methode ISERMEYER ermittelten Werte der CO₂-Produktion verhielten sich im Spätsommer wieder anders als im Frühjahr. Hier war der bei der Variante UKa₁(II) gemessene Wert niedriger als der der Kontrolle. Die Strohgabe allein (III) wies im Gegensatz zum Frühjahr eine stärkere CO₂-Entwicklung im Spätsommer auf als die Kontrolle. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) zeigte keine Wirkung gegenüber der Kontrolle, wohl aber eine schwächere als bei Stroh allein (III). Eine noch schwächere CO₂-Entwicklung wurde bei der

Variante mit erhöhter UKa-Gabe zu Stroh (V) ermittelt. Die Stallmistdüngung (VI) konnte nur noch eine leichte Förderung der CO_2 -Entwicklung aufweisen. Demgegenüber waren aufgrund der mit dem URAS ermittelten CO_2 -Werten eine Wirkung auf die CO_2 -Produktion weder durch die UKa-Düngung allein (II) bzw. Strohgabe allein (III) gegenüber der Kontrolle noch durch die UKa-Düngung (beide Gaben) (IV u. V) gegenüber Stroh allein (III) bzw. der Kontrolle feststellbar. Die Variante Stallmist (VI) war also die einzige die eine leichte positive Wirkung gegenüber der Kontrolle aufwies.

c. Gesamtkeimzahlen: Die in Mühlfeld im Spätsommer gefundenen Gesamtkeimzahlen lagen etwas höher als in Kleinseelheim bzw. wesentlich höher als in Hainhaus und deutlich niedriger als in Ropperode, wie es auch bei den DnA-Werten etwa der Fall war. Sie nahmen in Mühlfeld wie in Kleinseelheim und Ropperode vom Frühjahr zum Spätsommer stark zu. Diese Zunahme der Gesamtkeimzahlen stand in Mühlfeld in Gegensatz zu den Ergebnissen der DnA bzw. der CO_2 -Entwicklung (ISERMAYER und URAS), die eine starke Abnahme vom Frühjahr zum Spätsommer aufwiesen. Eine deutliche positive Wirkung gegenüber der Kontrolle war sowohl durch die UKa-Düngung allein (II) als auch durch die Strohgabe allein (III) feststellbar. Die UKa-Düngung (beide Gaben) zu Stroh (IV u. V) ließ keine positive Wirkung gegenüber Stroh allein (III) bzw. UKa₁(II) erkennen, sie zeigte sogar etwas niedrigere Keimzahlen als die der beiden Varianten Stroh allein (III) und UKa (II). Die höchste Keimzahl wurde wieder bei dem Versuchsglied Stallmist (VI) gefunden, die aber unbedeutend höher lag als die des Stroh allein (III).

d. Zellulosezersetzer: Die Zellulosezersetzer zeigten im Spätsommer in Mühlfeld ebenso wie im Frühjahr auch niedrigere Keimzahlen als die der Standorte Kleinseelheim, Ropperode und Hainhaus. Ihre Zahlen nahmen in Mühlfeld vom Frühjahr zum Spätsommer mehr oder weniger stark zu, wie es in den meisten Standorten der Fall war. Die Wirkung der verschiedenen Düngungsvarianten auf die Zellulosezersetzer war in Mühlfeld im Frühjahr wie auch im Spätsommer die gleiche, nur die Varianten Stallmist (VI) und Stroh+UKa₂ (V) zeigten sehr hohe Keimzahlen.

e. Aktinomyceten: Im Gegensatz zu den Ergebnissen von D.M., 10_2 -Entwicklung, Gesamtkeimzahl und Zellulosezerersetzer zeigte der Standort Mühlfeld im Spätsommer deutlich höhere Zahlen an Aktinomyceten als Kleinseelheim, auch noch höhere Zahlen als Ropperode aber deutlich niedrigere Zahlen als Hainhaus. Die UKa-Düngung allein (II) zeigte in Mühlfeld keine Wirkung gegenüber der Kontrolle. Die Strohgabe allein (III) wies dagegen eine deutlich niedrigere Zahl auf als die Kontrolle. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) hob die negative Wirkung der Strohgabe (III) auf und zeigte sogar eine etwas höhere Zahl an Aktinomyceten als die Kontrolle. Die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) wies keine Wirkung gegenüber Stroh allein (III) auf. Eine wesentlich niedrigere Zahl an Aktinomyceten als der anderen Varianten wurde bei den mit Stallmist versehenen Parzellen (VI) gefunden.

f. Pilze: Die Pilzzahlen auf Malz-Agar stimmten mit denen auf Bengalrosa-Malz-Agar nur wenig überein. Sie waren im Spätsommer in Mühlfeld etwa in der gleichen Höhe wie die der Standorte Kleinseelheim, Ropperode und wesentlich niedriger als in Hainhaus. Demgegenüber waren die Pilzzahlen auf Bengalrosa-Malz-Agar in Mühlfeld denen des Standortes Kleinseelheim etwa gleich, aber wesentlich höher als in Ropperode bzw. auch höher als in Hainhaus. Die auf Malz-Agar in Mühlfeld ermittelten Pilzzahlen zeigten im Spätsommer insofern etwa die gleiche Tendenz wie die Zahlen der Zellulosezerersetzer, als die UKa-Düngung allein (II) eine etwas höhere Pilzzahl als die Kontrolle bzw. eine deutlich höhere als Stroh allein (III) aufwies. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) hob die negative Wirkung der Strohgabe allein (III) auf, jedoch zeigte sie keine Wirkung gegenüber UKa₁(II) bzw. gegenüber der Kontrolle. Die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) führte dagegen zu einer stärkeren Förderung gegenüber der Kontrolle als die UKa-Düngung allein (II). Eine deutlich höhere Pilzzahl als bei den anderen Varianten wurde bei dem Versuchsglied Stallmist (VI) gefunden. Demgegenüber verhielten sich die Pilzzahlen auf Bengalrosa-Malz-Agar anders, da hier die UKa-Düngung allein (II) eine deutlich negative Wirkung gegenüber der Kontrolle aufwies, während die Strohgabe allein (III) keine Wirkung gegenüber der Kontrolle,

aber eine deutlich höhere Pilzzahl als UKa₁(II) zeigte. Weiterhin wirkte die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) deutlich positiv gegenüber Stroh allein (III), jedoch wurde diese positive Wirkung durch die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) aufgehoben. Die höchste Pilzzahl wurde wieder bei der Variante Stallmist (VI) gefunden.

g. Reaktion (pH): Die pH-Werte zeigten im Vergleich mit denen der Proben im Frühjahr keine Unterschiede.

4.6.2.2 Reihe mit Gründüngung (Tab. 8 b)

4.6.2.2.1 Frühjahr 1967 (Probenahme am 13.4.1967)

a. Dehydrogenaseaktivität (DHA): Durch die Gründüngung wurde im Frühjahr im allgemeinen eine etwas stärkere DHA gemessen als ohne Gründüngung. Während die Gründüngung keine Wirkung bei den Varianten Kontrolle (I), Stroh+UKa₂(V) und Stallmist (VI), gegenüber ohne Gründüngung zeigte, konnte sie die DHA bei den Varianten UKa₁(II), Stroh allein (III) und Stroh+UKa₁(IV) deutlich fördern, ebenfalls gegenüber ohne Gründüngung. Die UKa-Düngung allein (II) zeigte hier auch keine Wirkung gegenüber der Kontrolle. Im Gegensatz zu der Reihe ohne Gründüngung war hier eine signifikant positive Wirkung der Strohgabe (III) bzw. der einfachen UKa-Gabe zu Stroh (IV) gegenüber der Kontrolle festzustellen. Die DHA-Werte lagen bei den Varianten Stroh+UKa₁(IV) und Stroh+UKa₂(V) etwas höher als bei Stroh allein (III), jedoch war die positive Wirkung nicht signifikant. Die Variante Stallmist wies etwa den gleichen DHA-Wert wie in der Reihe ohne Gründüngung auf, er lag deutlich höher als die der anderen Varianten.

b. CO₂-Entwicklung: Eine etwas stärkere CO₂-Entwicklung wurde sowohl nach der Methode ISERMAYER als auch nach der URAS-Methode bei der Reihe mit Gründüngung gemessen als bei der Reihe ohne Gründüngung, wie es auch bei der DHA der Fall war. Die CO₂-Werte (ISERMAYER) zeigten bei der Reihe mit Gründüngung im Gegensatz zu der anderen Reihe eine deutliche Tendenz. Hier war eine positive Wirkung der UKa-Düngung allein (II) gegenüber der Kontrolle fest-

T a b e l l e Bb. Standort Mühlfeld (mit Gründung)
Microbiologische Aktivität des Bodens im Frühjahr und im Spätsommer 1967

Variante	H ₂ O %	pH	χ _{TPP} / 10 g B.	DHA %	CO ₂ -Entwicklung mit			Gesamteinzahl auf		Zelluloseaz- seiger	Aktino- myozoen		Pilze auf		
					mg CO ₂ / 100 g B. 48 Std.	Meth.-Isaermer Σ ppm CO ₂ / 100 g B. 4-25 Std.	Meth. UAS	Bodenextrakt-Agar	Tausend/g Boden		Mill./g Boden	Tausend/g Boden	Mill./g Boden	Tausend/g Boden	Tausend/g Boden
13. 4. 1967															
I Kontrolle	21,11	6,45	1057	100	13,32	100	131	100	53,9	100	183,2	100	-	-	-
II UKa 1	22,14	6,45	1081	102	17,73	133	143	109	55,0	102	549,6	300	-	-	-
III Stroh allein	22,73	6,45	1133 ^x	107	20,25	152	174	133	49,7	92	55,2	30	-	-	-
IV Stroh+UKa 1	22,91	6,45	1181 ^{xx}	112	21,63	162	182	138	52,0	97	245,8	134	-	-	-
V Stroh+UKa 2	22,19	6,45	1177 ^{xx}	111	24,57	184	167	127	55,0	102	549,9	300	-	-	-
VI Stallmist	22,57	6,55	1278 ^{xx}	121	17,43	104	161	122	45,1	84	55,2	30	-	-	-
7. 8. 1967															
I Kontrolle	21,09	6,45	712	100	8,95	100	105	100	90,4	100	18,2	100	2,341	100	157,4
II UKa 1	21,35	6,45	744	105	6,51	73	103	98	70,0	77	48,5	267	-	97,1	70
III Stroh allein	20,77	6,45	722	102	9,57	107	107	102	64,4	71	301,9	1662	1,772	76	69
IV Stroh+UKa 1	21,45	6,45	817 ^{xx}	115	8,76	98	116	111	88,7	98	115,4	635	1,296	55	122
V Stroh+UKa 2	21,59	6,45	931 ^{xx}	131	9,10	102	118	113	103,4	114	547,2	3012	2,027	87	90
VI Stallmist	20,68	6,55	1032 ^{xx}	145	10,51	117	120	114	107,4	119	54,3	299	1,207	52	130

^x Differenz gegen Kontrolle mit P > 5 % gesichert

^{xx} Differenz gegen Kontrolle mit P > 1 % gesichert

stellbar. Noch stärker positiv wirkte die Strohgabe allein (III) auf die CO_2 -Entwicklung. Die positive Wirkung der Strohgabe (III) wurde zwar durch die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) nicht deutlich verstärkt, jedoch durch die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V). Die Stallmistdüngung (VI) förderte die CO_2 -Entwicklung gegenüber der Kontrolle und zeigte aber einen deutlich niedrigeren Wert als Stroh allein (III). Die mit der URAS-Methode ermittelten CO_2 -Werte stimmten mit den nach der Methode ISERMAYER ermittelten gut überein, abgesehen davon, daß die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) einen niedrigeren Wert als Stroh allein (III) aufwies und auch niedriger als bei der Reihe ohne Gründüngung lag.

c. Gesamtkeimzahlen: Die Gesamtkeimzahlen waren bei allen Varianten der Reihe mit Gründüngung mehr oder weniger deutlich höher als bei der Reihe ohne Gründüngung. Allerdings bestand der einzig deutliche Unterschied zwischen den Varianten der Reihe mit Gründüngung darin, daß die Variante Stallmist (VI) eine deutlich niedrigere Gesamtkeimzahl zeigte als die anderen Varianten.

d. Zellulosezer-setzer: In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von DMA, CO_2 -Entwicklung (ISERMAYER und URAS) und Gesamtkeimzählung zeigte die Reihe mit Gründüngung im Frühjahr wesentlich höhere Zahlen an Zellulosezer-setzern als die Reihe ohne Gründüngung. Im Gegensatz zu der Reihe ohne Gründüngung wiesen die Varianten Stroh allein (III) und Stallmist (VI) der Reihe mit Gründüngung wesentlich niedrigere Zahlen als die Kontrolle auf. Die UKa-Düngung allein (II) wirkte deutlich positiv gegenüber der Kontrolle. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) hob die negative Wirkung der Strohgabe allein (III) auf, was bei der Reihe ohne Gründüngung genau umgekehrt war, und zeigte eine höhere Zahl als die der Kontrolle. Die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) wies nur die gleiche Zahl wie die UKa-Düngung allein (II) auf.

e. Reaktion (pH): Die pH-Werte lagen bei der Reihe mit Gründüngung minimal niedriger (0,05) als bei der Reihe ohne Gründüngung. Sie zeigten allerdings die gleiche Tendenz, nämlich daß eine günstige pH-Verschiebung (um +0,10) gegenüber der anderen Varianten bei dem Versuchsglied Stallmist (VI) festgestellt wurde.

4.6.2.2.2 Spätsommer 1967 (Probenahme 7.8.1967) unter Futterrüben

a. DHA: Die DHA nahm vom Frühjahr zum Spätsommer ebenfalls stark ab, wie es auch bei der Reihe ohne Gründüngung der Fall war. Die Varianten Kontrolle, UKa₁(II), Stroh allein (III) und Stroh+UKa₁(IV), die im Frühjahr bei der Reihe mit Gründüngung höhere DHA-Werte als bei der Reihe ohne Gründüngung aufwiesen, zeigten im Spätsommer entweder etwa die gleichen oder etwas niedrigere Werte als die Reihe ohne Gründüngung, was darauf hindeutete, daß die im Frühjahr noch vorhandene fördernde Wirkung der Gründüngung auf die DHA im Spätsommer nicht mehr feststellbar war. Die Gründüngung zeigte eine positive Wirkung bei den Varianten Stroh+UKa₂(V) und Stallmist(VI) erst im Spätsommer, da ihre DHA-Werte nur zu diesem Zeitpunkt höher als die der Reihe ohne Gründüngung lagen. Die UKa-Düngung allein (II) zeigte auch im Spätsommer keine Wirkung gegenüber der Kontrolle. Die positive Wirkung der Strohgabe allein (III) gegenüber der Kontrolle, die im Frühjahr vorhanden war, konnte im Spätsommer nicht mehr festgestellt werden. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) zeigte im Spätsommer eine stärkere Förderung gegenüber Stroh allein (III) als im Frühjahr. Die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) wies bei der Reihe mit Gründüngung im Spätsommer im Gegensatz zum Frühjahr bzw. im Gegensatz zu der Reihe ohne Gründüngung eine deutlich stärkere Förderung der DHA als die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) auf. Die positive Wirkung der Gründüngung war noch im Spätsommer insofern feststellbar, als wieder bei der Variante Stallmist (VI) ein deutlich höherer DHA-Wert als bei den anderen Varianten ermittelt wurde, was bei der Reihe ohne Gründüngung nicht festzustellen war.

b. CO₂-Entwicklung: Die bei der Reihe mit Gründüngung ermittelten Werte der CO₂-Entwicklung sowohl nach der Methode ISERMAYER als auch nach der URAS-Methode nahmen vom Frühjahr zum Spätsommer stark ab, wie es auch bei den Werten der DHA (beide Reihen) bzw. den CO₂-Werten (ISERMAYER und URAS) der Reihe ohne Gründüngung der Fall war. Die fördernde Wirkung der Gründüngung auf die CO₂-Entwicklung gegenüber ohne Gründüngung, die im Frühjahr festgestellt wurde, war in den Werten nach der Methode ISERMAYER im Spätsommer

bei allen Varianten nicht festzustellen, jedoch zeigten auch die CO_2 -Werte nach der URAS-Methode im Spätsommer nur eine leichte Förderung bei den Varianten Stroh+UKa₁(IV) und Stroh+UKa₂(V). Die CO_2 -Werte (ISERMEYER) zeigten im Spätsommer einen deutlich niedrigeren Wert bei der Variante UKa₁(II) als bei der Kontrolle, wie es bei der Reihe ohne Gründüngung der Fall war. Sie zeigten weiterhin weder eine Wirkung der Strohgabe allein (III) gegenüber der Kontrolle, noch eine Wirkung der UKa-Gaben zu Stroh (IV u. V) gegenüber Stroh allein (III). Der höchste CO_2 -Wert wurde durch die Stallmistdüngung (VI) erreicht. Die mit dem URAS ermittelten CO_2 -Werte wiesen keine Wirkung sowohl durch die UKa-Düngung allein (II) als auch durch die Strohgabe allein (III) gegenüber der Kontrolle auf. Demgegenüber ließ die UKa-Düngung (beide Gaben) zu Stroh (IV u. V) eine leichte Förderung gegenüber Stroh allein (III) erkennen. Der CO_2 -Wert der Variante Stallmist (VI) war denen der Varianten Stroh+UKa (IV u. V) gleich.

c. Gesamtkeimzahlen: Die Gesamtkeimzahlen nahmen bei der Reihe mit Gründüngung und im Gegensatz zu den Ergebnissen der DHA bzw. der CO_2 -Entwicklung (ISERMEYER und URAS) vom Frühjahr zum Spätsommer stark zu, was auch bei der Reihe ohne Gründüngung festgestellt wurde. Die Gesamtkeimzahlen lagen im Spätsommer bei den Varianten mit Gründüngung wie im Frühjahr deutlich höher als die der Varianten ohne Gründüngung, abgesehen davon, daß die Varianten UKa₁(II) und Stroh allein (III) im umgekehrten Verhältnis standen. Eine negative Wirkung der Gründüngung wurde im Spätsommer insofern beobachtet, als die Varianten UKa-Düngung allein (II) bzw. Stroh allein (III) mit Gründüngung im Gegensatz zu ohne Gründüngung deutlich niedrigere Gesamtkeimzahlen als die der Kontrolle aufwiesen. Außerdem zeigte die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) mit Gründüngung eine positive Wirkung gegenüber Stroh allein, jedoch lag ihre Zahl nicht höher als die der Kontrolle. Eine weitere fördernde Wirkung der Gründüngung war insofern feststellbar, als hier die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) die deutliche positive Wirkung der einfachen UKa-Gabe zu Stroh (IV) gegenüber Stroh allein (III) verstärkte. Die höchste Gesamtkeimzahl wurde bei der Variante Stallmist (VI) gefunden.

d. Zellulosezer-setzer: Im Gegensatz zu der Reihe ohne Gründung nahmen hier die Zahlen der Zellulosezer-setzer bei den Varianten Kontrolle, UKa₁(II), Stroh+UKa₁(IV) vom Frühjahr zum Spätsommer sehr stark ab, aber bei den Varianten Stroh+UKa₂(V), Stallmist (VI) blieben sie konstant. Die Variante Stroh allein (III) war also die einzige die eine Zunahme vom Frühjahr zum Spätsommer zeigte. Bei der Reihe mit Gründung lagen die Zahlen der Zellulosezer-setzer im Spätsommer bei den Varianten Kontrolle, UKa₁(II), Stallmist (VI) wesentlich niedriger aber bei den Varianten Stroh allein (III) und Stroh+UKa₁(IV) wesentlich höher als bei der Reihe ohne Gründung. Die Variante Stroh+UKa₂(V) wies bei den beiden Reihen etwa die gleichen Zahlen an Zellulosezer-setzern auf. Sie zeigten im Spätsommer bei der Reihe mit Gründung die gleiche Tendenz wie die der Reihe ohne Gründung im Spätsommer bzw. im Frühjahr, nämlich die Strohgabe allein (III) wies eine wesentlich höhere Zahl auf als die der Kontrolle, und die UKa-Düngung zeigte einen unklaren Einfluß auf die Zahl der Zellulosezer-setzer, denn während die UKa-Düngung allein (II) eine positive Wirkung gegenüber der Kontrolle aufwies, zeigte die gleiche UKa-Gabe zu Stroh (IV) eine negative Wirkung gegenüber Stroh allein (III), die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) wirkte dagegen sehr deutlich positiv gegenüber Stroh allein (III) bzw. Stroh+UKa₁(IV). Die bei der Variante Stallmist gefundene Zahl an Zellulosezer-setzern zeigte zwar eine positive Wirkung gegenüber der Kontrolle, sie lag jedoch wesentlich niedriger als die der mit Stroh versehenen Parzellen (III, IV u. V).

e. Aktinomy-ceten: Um Gegensatz zu den Ergebnissen von D.A., CO₂-Entwicklung und Gesamtkeimzahlung lagen die Zahlen der Aktinomy-ceten bei der Reihe mit Gründung ausnahmslos wesentlich niedriger als bei der Reihe ohne Gründung. Die Strohgabe allein (III) zeigte auch hier eine negative Wirkung gegenüber der Kontrolle. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) wies im Gegensatz zu ohne Gründung eine negative Wirkung gegenüber Stroh allein (III) auf. Die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) zeigte dagegen eine etwas höhere Zahl als Stroh allein (III), jedoch lag ihre Zahl niedriger als die der Kontrolle. Die niedrigste Zahl an Aktinomy-ceten wurde bei

der Variante Stallmist (VI) gefunden, wie es auch bei der Reihe ohne Gründüngung der Fall war.

f. Pilze: Die Pilzzahlen auf Malz-Agar stimmten mit denen auf Bengalrosa-Malz-Agar in keiner Weise überein. Im Gegensatz zu ohne Gründüngung zeigte die Pilzzahl auf Malz-Agar bei der Reihe mit Gründüngung eine deutlich negative Wirkung der UKa-Düngung allein (II) gegenüber der Kontrolle. Durch die Gründüngung wurde die negative Wirkung der Strohgabe allein gegenüber der Kontrolle noch verstärkt. Demgegenüber wurde jedoch die positive Wirkung der einfachen UKa-Gabe zu Stroh (IV) gegenüber Stroh allein (III) durch die Gründüngung verstärkt. Die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) zeigte hier eine deutlich niedrigere Pilzzahl als die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) und lag noch niedriger als die der Kontrolle. Die höchste Pilzzahl wurde wieder bei der Variante Stallmist (VI) gefunden, wie es auch bei der Reihe ohne Gründüngung der Fall war. Die auf Bengalrosa-Malz-Agar ermittelten Pilzzahlen verhielten sich insofern anders, als die UKa-Düngung allein (II) und die Strohgabe allein (III) im Gegensatz zu ohne Gründüngung eine leicht positive Wirkung gegenüber der Kontrolle aufwiesen. Ein Gegensatz bestand weiterhin darin, daß sowohl die einfache als auch die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (IV u. V) eine negative Wirkung gegenüber Stroh allein (III) bzw. keine Wirkung gegenüber der Kontrolle zeigten und die niedrigste Pilzzahl bei der Variante Stallmist (VI) gefunden wurde.

g. Reaktion (pH): Die pH-Werte ließen im Spätsommer keine Veränderungen gegenüber denen des Frühjahrs erkennen.

4.7 Diskussion der Feldversuche und Schlußfolgerungen

4.7.1 Die Wirkung der direkten Anwendung des Stroh auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens

Ein Einfluß der frischen Strohgabe auf die Dehydrogenaseaktivität (DHA) kam in den ersten Wochen nach der Anwendung nicht bei allen Standorten zum Ausdruck. Während die Strohgabe eine Förderung der DHA in Wolstorf (6 Wochen nach der Strohgabe im Spätsommer 1966 bzw. 3 Wochen nach der Strohgabe im Spätsommer 1967), in Hainhaus und in Kleinseelheim jeweils nach der Ernte im Spätsommer 1967 (abgestorbene Wurzeln des angebauten Getreides) zeigte, wies sie in Wellie und Ropperode keine Wirkung auf. Daher scheint die Wirkung des frischen Stroh auf die DHA vom Standort abhängig zu sein, jedoch geben die in Tab. 2 zusammengestellten Untersuchungsergebnisse dieser Böden (Bodentyp, Bodenart, C- und N-Gehalt, pH und T- bzw. H-Wert) keine Anhaltspunkte zur Klärung des unterschiedlichen Verhaltens. Die Tatsache, daß keine Wirkung des frischen Stroh auf die DHA in Kleinseelheim und Ropperode im Herbst 1966 festgestellt werden konnte, obwohl in Kleinseelheim 9 Wochen vorher (im Spätsommer 1966) eine positive Nachwirkung des im Herbst 1965 eingearbeiteten Stroh noch nachweisbar war, mag daran liegen, daß der Boden vor der Probenahme im Herbst 1966 schon gefroren war.

Aufgrund der DHA-Werte im Frühjahr und Spätsommer 1967 konnten die Standorte hinsichtlich der Wirkung des Stroh in folgende 2 Gruppen eingeteilt werden:

Gruppe 1: Standorte die keine Wirkung zeigten, sowohl kurz nach der Strohgabe als auch während der darauf folgenden Vegetationsperiode (Frühjahr und Spätsommer 1967), dazu gehören Wellie, Ropperode und Mühlfeld.

Gruppe 2: Standorte die eine positive Wirkung zeigten, sowohl kurz nach der Strohgabe als auch während der darauf folgenden Vegetationsperiode, hierunter fallen Wolstorf, Hainhaus und Kleinseelheim.

Das Verhalten der 1. Gruppe ist nicht einfach zu erklären, weil die Zeit zwischen den Probenahmen im Spätsommer 1966, Frühjahr und Spätsommer 1967 sehr lang ist und es ist möglich, daß die Wirkung des Strohs auf die DHA bei diesen Standorten zwischen den Probenahmen aufgetreten sein kann und infolgedessen nicht erfaßt werden konnte. Weiterhin kann die Unwirksamkeit der Strohgabe bei den Standorten der 1. Gruppe eine scheinbare sein, weil die Böden dieser Standorte nicht so reich an leicht zersetzbarer organischer Substanz sind (vgl. Tab. 2), daß die Strohgabe in Höhe von 50-60 dz/ha keine Erhöhung der zersetzbaren organischen Substanz darstellt. Noch weniger wahrscheinlich ist es, die Gründe dafür bei dem N-Gehalt des Bodens zu suchen (bei Wellie 0,10 % und bei Ropperode 0,11 %), da z.B. in Kleinseelheim (N-Gehalt 0,11 %) eine positive Wirkung der Strohgabe ermittelt wurde. Daher scheint es angebracht zu sein, in Zukunft zuerst das Kriterium der Wirkung der Strohgabe auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens in kürzeren Abständen zu untersuchen.

Die Möglichkeit einer Ermittlung einer Nachwirkung der Strohgabe auf die DHA war nur in den Standorten Ropperode, Kleinseelheim und Hainhaus gegeben. Ropperode zeigte jedoch keine Nachwirkung, in Kleinseelheim konnte die positive Wirkung der Strohgabe auf die DHA in 2 Jahren noch 11 Monate später nachgewiesen werden. Das deutet darauf hin, daß das Stroh in diesem Boden nach 11 Monaten noch nicht vollkommen zersetzt war. In Hainhaus konnte eine längere Nachwirkung nicht nachgewiesen werden, da im Spätsommer 1966 keine Wirkung des im Herbst 1966 zugegebenen Strohs festgestellt wurde, daher ist anzunehmen, daß das Stroh vollkommen zersetzt war.

Die Stallmistdüngung förderte die DHA viel stärker als die Strohgabe, diese überlegene Wirkung wurde nicht nur gleich nach der Düngung mit Stallmist (Mühlfeld) festgestellt, sondern auch als Nachwirkung nach 2 Jahren (Wolstorf) bzw. nach 4 Jahren (Kleinseelheim) und sogar noch nach 10 Jahren (Wellie). Wenn die überlegene Wirkung des Stallmists gleich nach der Düngung nachweisbar war, mag das daran liegen, daß der Stallmist wesentlich reicher vor allem an leicht verwertbaren Nährstoffen als das Stroh war.

Bei der lang anhaltenden Nachwirkung der Stallmistdüngung handelt es sich nicht nur um die mit ihr zugeführten verschiedenen Wachstumsstoffe und Enzyme. Die organische Substanz des Stallmists hat ein engeres C/N-Verhältnis als das Stroh, weil sie in der Düngerstätte schon einem Abbau und einer gewissen Humifizierung unterlag, dadurch wird sie im Boden weniger schnell zersetzt und daher hält die Nachwirkung der Stallmistdüngung länger an als bei Stroh allein.

Es ist leicht zu verstehen, daß die Einbringung größerer Mengen leicht zersetzbarer organischer Substanz zu einer Erhöhung der DHA führt. Wenn nun aber auch eine Erhöhung der DHA bei Stroh+Gründüngung gegenüber Gründüngung allein bzw. gegenüber Stroh allein festgestellt werden konnte, dann ist damit der Beweis erbracht, daß das schwerer angreifbare Stroh nicht nur den durch Gründüngung ausgelösten Anstieg der DHA nicht gehemmt hat, sondern daß auch der Abbau der Bestandteile des Strohs durch die Gründüngung beschleunigt wurde. Die Überlegenheit der DHA in den Parzellen Gründüngung+ Stroh, die im Frühjahr vor der Saat der Futterrüben nachgewiesen werden konnte, war jedoch im Spätsommer, als die Futterrüben noch wuchsen, nicht mehr nachweisbar. Daraus kann geschlossen werden, daß die Intensivierung der Zersetzung des Strohs durch die Konkurrenz zwischen den höheren Pflanzen und den Mikroorganismen um den Stickstoff verlangsamt wurde. Diese Annahme konnte dadurch bestätigt werden, daß bei der Reihe mit Gründüngung die Zufuhr von Kalkstickstoff (beide Gaben) zu Stroh eine fördernde Wirkung auch noch im Spätsommer auslöste. Der Einfluß Strohgabe auf die Erträge war zwar im Jahre 1967 deutlich, wie es aus den Tabellen 3 b, 4 b, 5 b, 6, c, 7 c, 8 c und 8 d hervorgeht, jedoch war ein Parallelismus zu der DHA im Boden nur bei Wolstorf vorhanden, denn dort hat die Strohgabe auch zu einem etwas höheren Kornenertrag der Wintergerste geführt. Die Ergebnisse von Kleinseelheim, Mühlfeld und Hainhaus zeigen dagegen nicht nur keine Übereinstimmung sondern ein gegensätzliches Verhalten, denn während bei diesen Standorten stärkere DHA durch die Strohgabe nachgewiesen wurde, wurden in Kleinseelheim ein niedrigerer Kornenertrag bei Winterweizen, in Mühlfeld bei

Rüben und Blatt und in mainhaus ein wesentlich niedrigerer Korn-ertrag bei Hafer festgestellt. Der Einfluß der Strohgabe ohne Stickstoffausgleichsdüngung auf die Erträge war insofern durchaus zu erwarten, als der im Boden verfügbare Stickstoff vermutlich vorübergehend in der Zellsubstanz der Stroh zersetzenden Bodenorganismen festgelegt und dadurch den höheren Pflanzen entzogen wurde. Zieht man die Erträge der gesamten Fruchtfolge (5-13 Erträge) in Betracht, ergibt sich, daß bei fast allen Standorten die Strohgabe weder eine ständig negative noch eine deutlich positive Wirkung auf die Erträge ausübte, jedoch waren die Schwankungen von Jahr zu Jahr oft recht groß. Im Gegensatz zu der DHA zeigten die Erträge häufig und fast bei allen Standorten eine positive Nachwirkung der Strohgabe, welche die Auffassung stützt, daß die Nährstoffsperre, vor allem die Stickstoffsperre zeitlich begrenzt ist. Ein Parallelismus zwischen DHA und Ernteerträgen kann bestehen, muß es aber keineswegs, denn 1. sind die Ernteerträge vom Wechsel der klimatischen Faktoren stärker abhängig als die mikrobiologischen Vorgänge und 2. wurde die DHA nur an wenigen Terminen bestimmt, während die Ertragsbildung von allen klimatischen Einflüssen der gesamten Vegetationsperiode abhängt.

Die weitere Tatsache, daß die Zuführung von Stroh nicht die Erträge der direkt auf sie folgenden Ernte, sondern die Erträge der Nachfrucht beeinflußt hat beweist, daß DHA und N-Festlegung vermutlich parallel laufen, während eine positive Beeinflussung des Ernteertrags erst möglich ist, wenn die Stickstoffsperre nicht mehr besteht.

Die ermittelten Werte der CO_2 -Entwicklung nach der Methode ISER-MEYER standen oft im Gegensatz zu den Werten nach der URAS-Methode und zwar sowohl in Bezug auf die Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten innerhalb eines Standortes als auch zwischen den verschiedenen Standorten. Daher war die Übereinstimmung in der Tendenz zwischen den CO_2 -Werten nach der URAS-Methode und denen der DHA fast immer feststellbar, während sie zwischen den CO_2 -Werten nach der Methode ISERMEYER und denen der DHA oft nicht vorhanden war. Diese Tatsache ist auf die größere Genauigkeit der Messung mit dem URAS zurückzuführen. Mit dieser Methode konnten

auch noch sehr kleine Unterschiede sicher erfaßt werden, welche mit der Methode ISERMAYER nicht mehr nachzuweisen waren. Bei der URAS-Methode werden die Bodenproben in der Anlage ständig mit CO_2 -freier Luft durchströmt, so daß der Gasaustausch besser ist. Der durchströmenden CO_2 -freien Luft werde vor dem Einströmen in die naturfeuchten bzw. wiederbefeuchteten Bodenproben Wasserdampf zugeführt, so daß keine Veränderung der Bodenfeuchte eintrat. Demgegenüber ging bei der Methode ISERMAYER Bodenwasser (ca 1-3 %) verloren, das von der Lauge absorbiert wurde. Außerdem ist zu bedenken, daß die verwendeten Bodenmengen bei der URAS-Methode 3 mal so hoch waren wie bei der Methode ISERMAYER, daher waren sie repräsentativer. Bei der Methode ISERMAYER wurde auch das ursprünglich im Bodenwasser sorbierte bzw. in der Bodenluft vorhandene CO_2 erfaßt, was nicht unbedingt von den Mikroorganismen des Bodens entwickelt worden war. Bei der URAS-Methode wurde es aber nicht erfaßt, weil die CO_2 -Kurve erst von der vierten Stunde an nach Beginn des Einströmens der Proben in die Gefäße ausgewertet wurde. Bis zu diesem Zeitpunkt war das sorbierte CO_2 in 300 g feuchtem Boden mit 80 Liter CO_2 -freier Luft weitgehend entfernt. Dadurch wurde erreicht, daß möglichst nur das durch die Tätigkeit der Mikroorganismen entwickelte CO_2 gemessen wurde. Durch die sehr empfindliche URAS-Methode wurden die Fehler bei der Titration (Methode ISERMAYER) mit Hilfe von Indikatoren mit breitem Umschlags-pH-Bereich (Phenolphthalein und Methylorange) vermieden. Daher wurde bei der Fortsetzung der Untersuchungen wie bereits erwähnt, nur noch die URAS-Methode verwendet.

Die fördernde Wirkung der Strohgabe auf die CO_2 -Entwicklung (URAS) zeigte eine weitgehende Übereinstimmung mit den Werten der DMA. Sie hielt jedoch bei der CO_2 -Entwicklung nicht so lange an wie bei der DMA. Um eine Erklärung für diese Unterschiede geben zu können, war es nötig, die Zersetzung des Strohs über eine gewisse Zeit hinweg laufend zu bestimmen.

Bei der Bestimmung der Keimzahlen erwies sich der Fleisch-extrakt-Agar als wenig geeignet, denn die gefundenen Werte waren sehr niedrig und ließen bei den verschiedenen Düngungsvarianten

keine Tendenz erkennen. Weiterhin wurden auf Bodenextrakt-Agar wesentlich mehr kleine Kolonien gezählt als auf Glukose-Agar, was durchaus zu erwarten war, da der Bodenextrakt-Agar den natürlichen Gegebenheiten des Bodens näher steht als die anderen Nährböden. Die Strohgabe förderte bei den meisten Standorten nicht nur die Aktivität der Mikroorganismen (DHA und CO_2 -Entwicklung) sondern auch ihre Zahl, da mit der Strohgabe eine Zufuhr von zum Teil leicht zersetzbaren kohlenstoffquellen erfolgte. Die Gegensätze in der Tendenz zwischen den Keimzahlen und den DHA- bzw. CO_2 -Werten bei einigen Standorten (Wellie, Hainhaus, Ropperode) können dadurch erklärt werden, daß die Strohgabe auf die Zahl der Bodenmikroorganismen bzw. auf ihre Aktivität (DHA und CO_2 -Entwicklung) nicht für die gleiche Zeit, nicht in gleichem Umfang und auch nicht für die gleiche Dauer fördernd wirkte. Diese Vermutung erfordert jedoch eine Bestätigung durch weitere Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen und in geringen Zeitabständen.

Die Keimzahlen unterlagen auch jahreszeitlichen Schwankungen. Die DHA- bzw. CO_2 -Werte und die Gesamtkeimzahlen deuten auf ein Maximum im Herbst bei allen Standorten hin, danach nahmen sie allmählich ab und erreichten ihr Minimum vermutlich im Sommer. Bei saurer Bodenreaktion (Wellie, Hainhaus und Kleinseelheim) wurden niedrigere Gesamtkeimzahlen als in den Standorten mit höheren pH-Werten (Wolstorf, Ropperode und Mahlfeld) nachgewiesen. Hierin liegt ein Hinweis auf die bekannte Tatsache, daß die Bakterien im allgemeinen gegen saure Reaktion empfindlicher sind.

Die Förderung der Zellulosezer-setzer durch die Zufuhr einer geeigneten C-Quelle (Zellulose) durch die Strohgabe war zu erwarten, jedoch waren die niedrigen Zahlen an Zellulosezer-setzern in Wellie und Kleinseelheim im Frühjahr vermutlich durch Stickstoffmangel bedingt. Die starke Zunahme der Zellulosezer-setzer vom Frühjahr zum Spätsommer 1967 war bei allen Standorten darauf zurückzuführen, daß in Wellie und Wolstorf das Stroh des Getreides 1-3 Wochen vorher eingearbeitet wurde, in Hainhaus, Ropperode und Kleinseelheim aber zunächst auf dem Boden verblieb. Die Zufuhr der Zellulose war hier durch die abgestorbenen Wurzeln

gesichert. Die Abnahme der Zellulosezerersetzer vom Frühjahr zum Spätsommer bei der Variante Stallmist in fast allen Standorten konnte nicht erklärt werden, da durch die abgestorbenen Pflanzenwurzeln auch hier Zellulose zugeführt wurde.

Auf die Zahl der Aktinomyceten zeigte die Strohgabe in den meisten Standorten keinen deutlichen Einfluß. Das kann daran liegen, daß die Aktinomyceten langsamer wachsen und sie sich später als Bakterien und Pilze an der Zersetzung des Stroh beteiligt.

Die fördernde Wirkung der Strohgabe auf die Pilze war nur bei den Standorten mit saurer Bodenreaktion deutlich (Wellie, Hainhaus und Kleinseelheim), hier wurden auch höhere Pilzzahlen gefunden als in den anderen Standorten (Wolstorf, Ropperode und Mühlfeld). Das liegt vermutlich daran, daß die Pilze wegen ihrer größeren Säureresistenz in sauren Böden besser als Bakterien gedeihen, und wegen der niedrigeren Bakterienzahlen auch eine geringere Konkurrenz um die Nährstoffe vorlag.

4.7.2 Die Wirkung der Düngung mit Kalkstickstoff (UKa) allein und zu Stroh als N-Ausgleichsdünger auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens

Die UKa-Düngung allein zeigte bei 4 von den untersuchten 5 Fällen keine Wirkung auf die Dehydrogenaseaktivität des Bodens. Möglicherweise ist die Wirkung der UKa-Düngung schnell eingetreten und hat nicht bis zu der nächsten Probenahme angehalten, die wegen den langen bzw. zum Teil sehr langen Zeitabständen zwischen den Probenahmen nicht erfaßt werden konnte. Die Tatsache, daß die Strohgabe bei fast allen Standorten zu einer stärkeren DHA als die UKa-Düngung allein führte und zwar sowohl im Frühjahr als auch im Spätsommer 1967, war zu erwarten, denn die N-Düngung ohne gleichzeitige Zufuhr von den für die heterotrophen Mikroorganismen des Bodens geeigneten Kohlenstoffquellen führt dazu, daß die im Boden vorhandene leicht verwertbare organische Substanz zu einem begrenzenden Faktor für die Aktivität der

Für die Variante Stroh+UKa₁ trifft das jedoch nicht zu, weil nach der erhöhten UKa-Gabe zu Stroh eine deutliche Förderung der Gründüngung im Spätsommer feststellbar war. Damit konnte bewiesen werden, daß es sich hier um eine Frage der Stickstoffversorgung handelte.

Die Werte der CO₂-Entwicklung und die Gesamtkeimzahlen zeigten etwa die gleiche Tendenz wie die DMA-Werte und stützten damit die obengenannten Schlußfolgerungen.

Die Stallmistdüngung lieferte zwar die höchsten DMA- CO₂-Werte und die höchsten Gesamtkeimzahlen bei allen Standorten zu fast allen Untersuchungsterminen, und zwar ohne Rücksicht darauf, ob es sich um eine Erst- oder um eine Nachwirkung handelte. Allerdings wurden bei ihr oft nicht die höchsten Erträge erzielt, da sie meistens denen der Variante Stroh+UKa₂ in Mühlfeld unterlegen waren (Tab. 8 c u. 8 d) und zwar sowohl in den auf die Düngung folgenden Jahren als auch bei der Nachwirkung. Bei den Standorten Wellie und Wolstorf lagen die Erträge in den Jahren der Stallmistdüngung bei der Variante Stallmist entweder nur etwas höher oder niedriger als bei Stroh+UKa₁. Diese Tatsache stützten die vorher erwähnte Annahme, daß die Wirkung des Stallmistes bzw. seine lang anhaltende Wirkung auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens eine überwiegend auf Wuchsstoffen bzw. Enzymen beruhende Wirkung ist. Allerdings können die mit ihm zugeführten Humusstoffe eine größere Rolle bei seiner lange anhaltenden Nachwirkung spielen.

Die Düngung mit Kalkstickstoff sowohl allein (UKa) als auch zu Stroh (beide Gaben UKa₁ u. UKa₂) förderte die Zellulosezerersetzer gegenüber der Kontrolle und zwar bei allen Standorten und zu allen untersuchten Terminen. Allerdings war diese Wirkung gegenüber Stroh allein großen Schwankungen unterworfen. Vermutlich wurde die Strohzersetzung durch die N-Düngung je nach der N-Menge bzw. je nach dem Standort unterschiedlich beschleunigt, so daß die Zahlen der Zellulosezerersetzer keine eindeutige Tendenz erkennen ließen. Das Wesen des Einflusses der UKa-Düngung auf die Zellulosezerersetzer kann nur in weiteren Versuchen geklärt werden.

ausgedrückt hat. Weiterhin brachten die Ergebnisse der Variante Stroh+UKA₂ den Beweis dafür, daß eine gute Übereinstimmung in der Tendenz nicht nur zwischen DHA-Werten und Ertragszahlen möglich ist, sondern auch zwischen den Werten der CO₂-Entwicklung (URAS), den Gesamtkeimzahlen und den Zahlen der Zellulosezer-setzer einerseits und den Erträgen andererseits bestehen kann. Eine Gesetzmäßigkeit ist jedoch aus den Ergebnissen vorerst nicht abzuleiten.

Über die Frage wann der Kalkstickstoff zugegeben werden sollte, konnten die Ergebnisse der Feldversuche Wellie und Wolstorf aus folgenden Gründen keine eindeutige Antwort geben:

1. Die DHA zeigte bei der Herbstgabe gegenüber der Frühjahrsgabe zu Stroh keine gesicherten Unterschiede;
2. Auch bei der CO₂-Entwicklung (URAS) ergaben sich keine Unterschiede und
3. während die Erträge in Wellie bei der Herbstgabe etwas höher lagen als bei der Frühjahrsgabe (Mittelwert von 5 Erträgen Tab. 3 b), wurde in Wolstorf das Gegenteil gefunden. Sowohl im Jahre 1967 als auch im Durchschnitt von 13 Korn- und Rüben- bzw. von 3 Blatterträgen (Tab. 4 b) lagen sie niedriger.

Die Gründüngung zeigte nur im Frühjahr (vor der Aussaat der Zuckerrüben) eine Förderung der DHA, und zwar bei den Varianten UKA₁ und Stroh+UKA₁ jedoch nicht bei Stroh+UKA₂ bzw. Stallmist. Die fördernde Wirkung der Gründüngung auf die DHA bei der Variante UKA₁ ist dadurch zu erklären, daß mit der Gründüngung die Zufuhr von leicht verwertbarer organischer Substanz gesichert wurde. Die Förderung der DHA bei der Variante Stroh+UKA₁ beruhte nicht nur auf der Zufuhr von leicht zersetzbarer organischer Substanz mit engem C/N-Verhältnis, sondern auch auf der durch die Gründüngung verursachte Beschleunigung der Strohzersetzung. Bei der Konkurrenz um den Stickstoff zwischen den Rüben und den Mikroorganismen des Bodens (im Spätsommer) verschwand die Wirkung der Gründüngung bei den Varianten UKA₁ und Stroh+UKA₁. Bei der Variante UKA₁ kann die Ursache daran liegen, daß die mit der Gründüngung zugeführte organische Substanz weitgehend zersetzt wurde.

... der erhöhten UKa -Gabe zu stroh eine deutliche Förderung der Gründung im Spätsommer feststellbar war. Damit konnte bewiesen werden, daß es sich hier um eine Frage der Stickstoffversorgung handelte.

Die Werte der CO_2 -Entwicklung und die Gesamtkeimzahlen zeigten etwa die gleiche Tendenz wie die DMA -Werte und stützten damit die obengenannten Schlußfolgerungen.

Die Stallmistdüngung lieferte zwar die höchsten DMA - CO_2 -Werte und die höchsten Gesamtkeimzahlen bei allen Standorten zu fast allen Untersuchungsterminen, und zwar ohne Rücksicht darauf, ob es sich um eine Erst- oder um eine Nachwirkung handelte. Allerdings wurden bei ihr oft nicht die höchsten Erträge erzielt, da sie meistens denen der Variante Stroh+ UKa_2 in Mühlfeld unterlegen waren (Tab. 8 c u. 8 d) und zwar sowohl in den auf die Düngung folgenden Jahren als auch bei der Nachwirkung. Bei den Standorten Wellie und Wolstorf lagen die Erträge in den Jahren der Stallmistdüngung bei der Variante Stallmist entweder nur etwas höher oder niedriger als bei Stroh+ UKa_1 . Diese Tatsache stützten die vorher erwähnte Annahme, daß die Wirkung des Stallmistes bzw. seine lang anhaltende Wirkung auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens eine überwiegend auf Wuchsstoffen bzw. Enzymen beruhende Wirkung ist. Allerdings können die mit ihm zugeführten Humusstoffe eine größere Rolle bei seiner lange anhaltenden Nachwirkung spielen.

Die Düngung mit Kalkstickstoff sowohl allein (UKa) als auch zu Stroh (beide Gaben UKa_1 u. UKa_2) förderte die Zellulosezer-setzer gegenüber der Kontrolle und zwar bei allen Standorten und zu allen untersuchten Terminen. Allerdings war diese Wirkung gegenüber Stroh allein großen Schwankungen unterworfen. Vermutlich wurde die Strohzersetzung durch die N -Düngung je nach der N -menge bzw. je nach dem Standort unterschiedlich beschleunigt, so daß die Zahlen der Zellulosezer-setzer keine eindeutige Tendenz erkennen ließen. Das Wesen des Einflusses der UKa -Düngung auf die Zellulosezer-setzer kann nur in weiteren Versuchen geklärt werden.

Es ist jedoch eine Tatsache, daß die Zahl der Zellulosezersetzer vom Frühjahr bis zum Spätsommer infolge der Zuführung neuer Zellulosemengen nach der Ernte, wie das bereits bei der Variante Stroh allein erwähnt wurde, eine Zunahme zeigte. Weiterhin wurde auch hier festgestellt, daß die Gründüngung offenbar zu einer Intensivierung des Abbaus der Zellulose des Strohs führte und zwar am deutlichsten bei der erhöhten UKa-Gabe.

Die ermittelten Zahlen der Aktinomyceten zeigten bei den meisten Standorten im allgemeinen nur eine schwach positive Wirkung der UKa-Düngung sowohl allein als auch in einfacher bzw. in erhöhter Gabe zu Stroh. Allerdings muß das nicht als Beweis der Unwirksamkeit der UKa-Düngung betrachtet werden, denn:

1. Die Aussagekraft eines einzigen Ergebnisses ist ungenügend;
2. es ist möglich, daß die Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf die Aktinomyceten infolge des Termins der Probenahme nicht erfaßt wurde und

3. die Aktinomyceten können durch die Zunahme der Zahlen der Bakterien und Zellulosezersetzer im Spätsommer 1967 gemindert werden.

Eine Stützung der letzten Annahme ergab sich am deutlichsten in Mühlfeld, denn die Reihe mit Gründüngung, die bedeutend höhere Gesamtkeimzahlen als ohne Gründüngung aufwies, zeigte wesentlich niedrigere Zahlen an Aktinomyceten als ohne Gründüngung, die langsam wachsenden Aktinomyceten wurden also von den schneller wachsenden Bakterien zurückgedrängt.

Bei den Standorten mit höheren pH-Werten (Wolstorf, Ropperode und Mühlfeld) wurde im allgemeinen entweder eine negative oder keine eindeutig positive Wirkung auf die Pilzzahlen durch die UKa-Düngung sowohl allein als auch zu Stroh festgestellt. Außerdem lagen die Pilzzahlen bei diesen Standorten im allgemeinen niedriger als bei den Standorten mit niedrigeren pH-Werten (Wellie, Hainhaus und Kleinseelheim), bei denen die UKa-Düngung entweder keine oder eine deutlich positive Wirkung auf die Pilzzahlen ausübte. Diese Befunde können auf die Tatsache zurückgeführt werden, die bereits bei der Besprechung der Wirkung der Strohgabe erwähnt wurde, daß wegen der Säureresistenz der Pilze ihre Zahlen bei den saueren Böden höher sind, weil eben die

Konkurrenz zwischen Bakterien und Pilzen bei den saureren Böden zu Gunsten der Pilze verschoben wurde. Es ist noch nicht erlaubt die niedrigeren Pilzzahlen bei einigen Varianten mit UKa₁ Stroh+UKa₁ und Stroh+UKa₂ auf die Cyanamidwirkung zurückzuführen, denn

1. Die zugeführten UKa-Mengen sind klein;
2. die Pilzzählung erfolgte 7-11 Monate nach der Düngung mit UKa, also nach einer Zeit, die für die Zersetzung des zugeführten Cyanamids ausreichend ist, so daß keine hemmende Wirkung - wenn sie durch so kleine Cyanamidmengen überhaupt hervorgerufen werden kann - auf die großzelligen Mikroorganismen (Pilze) auftreten dürfte, 3. bei Standorten, in denen höhere Gesamtkeimzahlen vorlagen, können hierfür verantwortlich gemacht werden, weil bei der Variante Stroh allein auch niedrigere Pilzzahlen als bei der Kontrolle gefunden wurden und 4. die Pilzzahlen auf Malz-Agar stimmten mit denen auf Bengalrosa-Malz-Agar bei diesen Standorten selten überein, sie zeigten sogar oft ein entgegengesetztes Verhalten, worauf jedoch in dieser Arbeit nicht eingegangen werden kann. Die bei den sauren Böden zum Teil ermittelte positive Wirkung der UKa-Düngung auf die Pilzzahlen kann darauf zurückgeführt werden, daß die Verschiebung der Reaktion zu Gunsten der Pilze führte, bei den sauren Böden zu ihrer besseren Entwicklung auf Kosten der Bakterien. Dadurch wurden die Pilze in die Lage versetzt, die hemmende Wirkung des Cyanamids auf die großzelligen Mikroorganismen besser zu überwinden, falls diese Wirkung vorhanden war. Demzufolge kann vermutet werden, daß die Pilze in den sauren Böden in der Lage waren, die fördernde Wirkung der UKa-Düngung deutlicher erkennen zu lassen, und, die UKa-Düngung führte zu einer wirksamen Verschiebung der Bodenreaktion (pH) nur bei den sauren Böden (um +0,10 bis +0,40), welche die Entwicklung der Pilze fördern konnte.

Mit der UKa-Düngung sowohl allein als auch zu Stroh in einfacher bzw. erhöhter Gabe wurde eine Verschiebung der Bodenreaktion festgestellt, allerdings wurde diese nur bei den Standorten mit sauren Böden wirksam (Wellie und Kleinseelheim). Dafür sorgten die alkalisch reagierenden Produkte des Kalkstickstoffs, Kalziumhydroxid, Harnstoff und schließlich Ammoniak. Daß diese Produkte

aber keine bedeutende Verschiebung der Bodenreaktion in Wolstorf, Ropperode und Mühlfeld verursachten, liegt daran, daß diese Böden eine stärkere Pufferkapazität besitzen. Das ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß sie einen höheren Tongehalt aufwiesen und ihre organische Substanz einen höheren Gehalt an wertvollen huminsäuren (z.B. Braun- bzw. Grauhuminsäuren) haben dürfte.

T a b e l l e 3b Standort Wellie

Grunddüngung außer Kalkstickstoffdüngung zu Stroh- und Korn bzw. Kartoffelerträgen
von 1957 - 1961 in dz/ha Kontrolle = 100

Jahr	Frucht	Kalkstickst. zu Stroh, UKa kg _{ss} /ha	Grunddüngung, PK im Herbst, " im Frühjahr zu allen Variant. kg/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Korn oder Kartoffelertrag % (dz/ha)				V
							I Kontrolle dz/ha	II Stroh+UKa	III Stroh allein	IV Stroh+UKa im Frühjahr.	
1957	Kartoffeln ^x	60	40	110	220	(30,4)	100	105	101	107	105
1958	W.-Roggen	-	60	66	132	(40,4)	100	100	100	102	102
1959	So.-Gemenge	60	30	60	120	(25,2)	100	121	96	114	100
1960	W.-Roggen	60	30	88	176	(30,2)	100	107	89	113	89
1961	So.-Gemenge	60	30	60	90	(27,2)	100	102	105	86	106
							(5 Erträge)/100				100,4

Diese Unterlagen wurden von der Forschungsstelle der Forschungsgemeinschaft der Kalkstickstoff-
erzeuger zur Verfügung gestellt.
Zu den unterstrichenen Früchten wurde im Herbst des Vorjahres Stroh (60 dz/ha) eingebracht.
UKa = ungeölter Kalkstickstoff (60 kg N/ha) zur Strohdüngung.
x = Stallmist wurde im Herbst des Vorjahres zu Variante V in Höhe von 250 dz/ha gegeben.

Tabelle 4b Standort Woletoř

Grunddüngung außer Kalkstickstoffdüngung zu Korn-, Rüben- und Rübenblattfrüchten von 1957-1969 in % (dz/ha), Kontrolle = 100

Jahr	Frucht	Kalkstickstoff zu Stroh UKa kg N / ha	Grunddüngung, PK im Herbst, N im Frühjahr zu allen Vari- anten kg / ha N P ₂ O ₅ K ₂ O	I Kontrolle ' (dz/ha)	Korn-, Rüben- und Blattfrüchte % Stroh-JKa im Herbst	III Stroh allein	IV Stroh-JKa 1. Frühjahr	V Stallmist
1957	Zuckerrüben ⁺	60	100 88 176	(514)	100	102	97	97
1958	Winterweizen	-	40 66 132	(35,4)	100	100	100	107
1959	Winterroggen	60	30 60 120	(35,0)	100	114	102	116
1960	Sommerweizen	60	30 40 80	(33,0)	100	111	86	111
1961	Wintergerste	60	30 keine genauen	(26,6)	100	125	97	141
1962	Zuckerrüben ⁺	60	80 Angaben vor-	(285)	100	103	103	112
1963	Sommerweizen	-	30 handen	(29,1)	100	107	97	110
1964	Wintergerste	60	30	(22,7)	100	141	100	156
1965	Zuckerrüben ⁺	60	80	(418)	100	102	95	105
1966	Winterweizen	-	30	(41,2)	100	103	98	107
1967	Wintergerste	60	30	(37,0)	100	124	104	129
1968	Zuckerrüben ⁺	60	80	(451)	100	102	95	106
1969	Hafer	-	30	(41,7)	100	102	99	105
$\bar{\rho}$ (13 Erträge)				100	110,5	97,9	115,1	108,0
1957	Rübenblatt			(567)	100	97	99	102
1962	Rübenblatt			(223)	100	90	95	124
1965	Rübenblatt			(421)	100	110	101	115
$\bar{\rho}$ (5 Erträge)				100	99,0	98,5	113,7	106,0

Zu den unterstrichenen Früchten wurde Stroh (60 dz/ha) im Herbst des Vorjahres gegeben

⁺ zu Variante V 250 dz/ha Stallmist gegeben

Diese Unterlagen wurden von der Forschungsgemeinschaft der Kalkstickstoffindustrie zur Verfügung gestellt.

T a b e l l e 5b Standort Hairhaus

Grunddüngung außer Kalkstickstoffdüngung zum Stroh und Korn- bzw. Kartoffelerträge von 1959 - 1968 in % (dz/ha), Kontrolle = 100

Jahr	Frucht	Kalkstickstoff zu Stroh Uka kg N / ha	Grunddüngung, PK im Herbst, N im Frühjahr zu allen Vari- anten kg / ha P ₂ O ₅	K ₂ O	I		Korn- oder Kartoffelertrag % (dz/ha)		IV	
					Kontrolle	%	II +Uka	III Stroh allein	Stroh + Uka	
1959	Kartoffeln	50	40	80	160	(113)	100	115	109	117
1960	Winterroggen	-	30	60	120	(45,2)	100	104	95	102
1961	Hafer	50	30	60	120	(28,8)	100	114	102	115
1962	Kartoffeln	50	40	96	120	(250)	100	107	92	115
1963	Hafer*	-	30	60	120	(33,8)	100	106	103	113
1964	Hafer	50	30	60	120	(24,3)	100	125	110	122
1965	Kartoffeln	50	40	80	160	(197)	100	120	105	120
1966	Winterroggen	-	30	60	120	(28,0)	100	104	98	105
1967	Hafer	50	30	60	120	(29,9)	100	107	78	108
1968	Kartoffeln	50	40	80	160	(327)	100	106	98	110
					Ø 10 Erträge		100	110,8	99,0	112,7

Zu den unterstrichenen Früchten wurde im Herbst des Vorjahres Stroh (50 dz/ha) eingearbeitet

Uka = ungeölteter Kalkstickstoff (50 kg N/ha) zur Strohgabe

* Winterroggen ausgewintert

Die Unterlagen wurden von der Forschungsstelle der Forschungsgemeinschaft der Kalkstickstoffherzeuger zur Verfügung gestellt.

W a b e l l e 6. Standort Ropperode

Korn-, Knollen- und Stroh-Erträge von 1958 - 1967 in % (dz/ha), Kontrolle = 100.

Jahr	Frucht	Kalkstickstoffdüngung zu Stroh im Herbst		Kopfdüngung für alle Varianten im Frühjahr	I		Ertrag % (dz/ha)		IV Stroh+ Uka 2	V Stroh+ Uka 2
		Uka 1	Uka 2	kg N/ha	Kontrolle (dz/ha)	%	II Uka 1	III Stroh allein		
1958	Hafer-Gerste	60	100	40	Korn (43,3)	100	105	97	101	105
1959	Kartoffeln	60	120	40	Stroh (56,0)	100	109	98	104	107
1960	Winterweizen	-	-	40	Knollen (180,0)	100	110	103	108	115
1961	Wintergerste	-	-	60	Korn (41,23)	100	95*	95*	85*	95*
1962	Hafer	40	60	30	Stroh (96,9)	100	88	86	90	91
1963	Winterweizen	40	60	50	Korn (26,34)	100	96**	91**	104**	108**
1964	Sommergerste	-	-	40	Stroh (51,7)	100	98	95	96	99
1965	Hafer	40	60	30	Korn (39,14)	100	112	94	106	116
1966	Winterweizen	40	60	50	Stroh (39,0)	100	113	92	113	110
1967	Sommergerste	40	60	55	Korn (28,1)	100	127	103***	125	134
1968	Winterweizen	40	60	50	Stroh (62,5)	100	136	98	115	135
1969	Sommergerste	-	-	40	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
1970	Hafer	40	60	50	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
1971	Winterweizen	40	60	50	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
1972	Sommergerste	40	60	55	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
1973	Winterweizen	40	60	50	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
1974	Sommergerste	-	-	40	Stroh (39,1)	100	127	103***	125	134
1975	Hafer	40	60	50	Korn (62,5)	100	136	98	115	135
1976	Winterweizen	40	60	50	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
1977	Sommergerste	40	60	55	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
1978	Winterweizen	40	60	50	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
1979	Sommergerste	40	60	55	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
1980	Winterweizen	40	60	50	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
1981	Sommergerste	-	-	40	Stroh (39,1)	100	127	103***	125	134
1982	Hafer	40	60	50	Korn (62,5)	100	136	98	115	135
1983	Winterweizen	40	60	50	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
1984	Sommergerste	-	-	40	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
1985	Hafer	40	60	50	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
1986	Winterweizen	40	60	50	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
1987	Sommergerste	40	60	55	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
1988	Winterweizen	40	60	50	Stroh (39,1)	100	127	103***	125	134
1989	Sommergerste	-	-	40	Korn (62,5)	100	136	98	115	135
1990	Hafer	40	60	50	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
1991	Winterweizen	40	60	50	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
1992	Sommergerste	40	60	55	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
1993	Winterweizen	40	60	50	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
1994	Sommergerste	-	-	40	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
1995	Hafer	40	60	50	Stroh (39,1)	100	127	103***	125	134
1996	Winterweizen	40	60	50	Korn (62,5)	100	136	98	115	135
1997	Sommergerste	-	-	40	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
1998	Hafer	40	60	50	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
1999	Winterweizen	40	60	50	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
2000	Sommergerste	40	60	55	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
2001	Winterweizen	40	60	50	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
2002	Sommergerste	-	-	40	Stroh (39,1)	100	127	103***	125	134
2003	Hafer	40	60	50	Korn (62,5)	100	136	98	115	135
2004	Winterweizen	40	60	50	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
2005	Sommergerste	-	-	40	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
2006	Hafer	40	60	50	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
2007	Winterweizen	40	60	50	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
2008	Sommergerste	-	-	40	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
2009	Hafer	40	60	50	Stroh (39,1)	100	127	103***	125	134
2010	Winterweizen	40	60	50	Korn (62,5)	100	136	98	115	135
2011	Sommergerste	-	-	40	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
2012	Hafer	40	60	50	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
2013	Winterweizen	40	60	50	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
2014	Sommergerste	40	60	55	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
2015	Winterweizen	40	60	50	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
2016	Sommergerste	-	-	40	Stroh (39,1)	100	127	103***	125	134
2017	Hafer	40	60	50	Korn (62,5)	100	136	98	115	135
2018	Winterweizen	40	60	50	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
2019	Sommergerste	-	-	40	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
2020	Hafer	40	60	50	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
2021	Winterweizen	40	60	50	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
2022	Sommergerste	-	-	40	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
2023	Hafer	40	60	50	Stroh (39,1)	100	127	103***	125	134
2024	Winterweizen	40	60	50	Korn (62,5)	100	136	98	115	135
2025	Sommergerste	-	-	40	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
2026	Hafer	40	60	50	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
2027	Winterweizen	40	60	50	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
2028	Sommergerste	40	60	55	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
2029	Winterweizen	40	60	50	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
2030	Sommergerste	-	-	40	Stroh (39,1)	100	127	103***	125	134
2031	Hafer	40	60	50	Korn (62,5)	100	136	98	115	135
2032	Winterweizen	40	60	50	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
2033	Sommergerste	-	-	40	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
2034	Hafer	40	60	50	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
2035	Winterweizen	40	60	50	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
2036	Sommergerste	-	-	40	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
2037	Hafer	40	60	50	Stroh (39,1)	100	127	103***	125	134
2038	Winterweizen	40	60	50	Korn (62,5)	100	136	98	115	135
2039	Sommergerste	-	-	40	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
2040	Hafer	40	60	50	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
2041	Winterweizen	40	60	50	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
2042	Sommergerste	40	60	55	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
2043	Winterweizen	40	60	50	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
2044	Sommergerste	-	-	40	Stroh (39,1)	100	127	103***	125	134
2045	Hafer	40	60	50	Korn (62,5)	100	136	98	115	135
2046	Winterweizen	40	60	50	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
2047	Sommergerste	-	-	40	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
2048	Hafer	40	60	50	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
2049	Winterweizen	40	60	50	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
2050	Sommergerste	-	-	40	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
2051	Hafer	40	60	50	Stroh (39,1)	100	127	103***	125	134
2052	Winterweizen	40	60	50	Korn (62,5)	100	136	98	115	135
2053	Sommergerste	-	-	40	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
2054	Hafer	40	60	50	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
2055	Winterweizen	40	60	50	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
2056	Sommergerste	40	60	55	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
2057	Winterweizen	40	60	50	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
2058	Sommergerste	-	-	40	Stroh (39,1)	100	127	103***	125	134
2059	Hafer	40	60	50	Korn (62,5)	100	136	98	115	135
2060	Winterweizen	40	60	50	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
2061	Sommergerste	-	-	40	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
2062	Hafer	40	60	50	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
2063	Winterweizen	40	60	50	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
2064	Sommergerste	-	-	40	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
2065	Hafer	40	60	50	Stroh (39,1)	100	127	103***	125	134
2066	Winterweizen	40	60	50	Korn (62,5)	100	136	98	115	135
2067	Sommergerste	-	-	40	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
2068	Hafer	40	60	50	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
2069	Winterweizen	40	60	50	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
2070	Sommergerste	40	60	55	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
2071	Winterweizen	40	60	50	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
2072	Sommergerste	-	-	40	Stroh (39,1)	100	127	103***	125	134
2073	Hafer	40	60	50	Korn (62,5)	100	136	98	115	135
2074	Winterweizen	40	60	50	Korn (37,1)	100	101	101	104	105
2075	Sommergerste	-	-	40	Korn (26,3)	100	103	110	110	104
2076	Hafer	40	60	50	Korn (32,2)	100	108	102	109	114
2077	Winterweizen	40	60	50	Korn (27,2)	100	105	109	117	123
2078	Sommergerste	-	-	40	Korn (39,0)	100	112	94	106	116
2079	Hafer	40	60	50	Stroh (39,1)	100	127	103***	12	

Table 8d Standort Kuhlfield

Korn-, Knollen-, Rüben-, Stroh- und Blatterträge von 1959 - 1967 in % (dz/ha), Kontrolle = 100

Jahr	Frucht	Kalkstickstoffdüngung zu Stroh im Herbst		N-Düngung kg N/ha zu Grün- im Früh- gung Jahr	I Kontrolle (dz/ha) %	Ertrag % (dz/ha)			VI Stallmist	Grenzdifferenz				
		Uka 1	Uka 2			II Uka 1	III Stroh allein	IV Stroh+ Uka 1		V Stroh+ Uka 2	P 5 %	P 1 %		
1959	Kartoffeln	60	120	30	60	Knollen	(413,49)	100	105	95	101	105	97	
1960	Winterweizen	-	-	-	50	Korn	(44,53)	100	102	101	106	112	94	
						Stroh	(66,47)	100	102	98	105	109	93	
1961	Kartoffeln	60	120	30	40	Knollen	(288,45)	100	111	90	101	119	99	
1962	Wintergerste	-	-	-	50	Korn	(39,12)	100	104	103	106	116	99	16,2
						Stroh	(48,77)	100	99	97	100	106	106	8,7
1963	Futterrüben	60	120	40	60	Rüben	(755,03)	100	112	102	115	130	110	11,2
						Blatt	(166,80)	100	112	101	127	161	106	13,9
1964	Sommergerste	-	-	-	50	Korn	(33,92)	100	102	103	105	107	103	6,3
						Stroh	(27,93)	100	100	114	117	109	137	15,7
1965	Kartoffeln	60	120	30	60	Knollen	(216,20)	100	93	87	91	105	103	20,5
1966	Winterweizen	-	-	-	50	Korn	(28,57)	100	108	107	109	104	100	9,0
						Stroh	(33,23)	100	97	98	106	106	96	9,3
1967	Futterrüben	60	120	40	60	Rüben	(824,17)	100	109	91	109	115	161	7,4
						Blatt	(239,33)	100	120	100	129	160	188	15,4
						Ø Korn,Knol- len,Rüben	(9Erträge)	100	105,1	97,7	104,8	112,6	107,3	
						Ø Stroh,Blatt(5Erträge)		100	105,0	101,3	114,0	125,1	121,0	

--- Erhielten im Herbst des Vorjahres Stroh (50 dz/ha) bzw. Stallmist (300 dz/ha)

* --- Schielten im Spätsommer des Vorjahres Lichtraps(Gründung) auf allen Varianten gesät

Kurz vor dem Einsetzen der Vegetationsruhe wurde der Bestand stark von Rost befallen.

Die Unterlagen wurden vom Institut für Pflanzenernährung der T.H. München (Weihenstephan) zur Verfügung gestellt.

T a b e l l e 8c Standort Mühlfeld (ohne Gründüngung)

Korn-, Knollen-, Rüben-, Stroh- und Blattträge von 1959 - 1967 in % (dz/ha), Kontrolle = 100.

Jahr	Frucht	Kalkulationsaufschlag zu Stroh im Herbst		Kopfdüngung für alle Varianten im Frühjahr	kg N/ha	Uka 1	Uka 2	I Kontrolle (dz/ha)	II Uka 1	III Stroh allein	IV Stroh+Stroh+ Uka 1	V Stroh+Stroh+ Uka 2	VI Stallmist	Grenzdifferenz	
		Uka 1	Uka 2											P 5 %	P 1 %
1959	Kartoffeln	60	120	40	Knollen	(422,98)		100	106	95	99	103	101		
1960	Winterweizen	-	-	50	Korn	(44,18)		100	100	102	104	114	101		
1961	Kartoffeln	60	120	40	Stroh	(68,50)		100	96	95	101	114	106		
1962	Wintergerste*	-	-	50	Knollen	(288,42)		100	110	84	91	108	95	16,2	21,6
					Korn	(39,77)		100	103	101	100	106	91	8,6	11,5
1963	Futterrüben	60	120	60	Stroh	(36,93)		100	117	118	146	135	131	10,8	14,6
					Rüben	(933,87)		100	103	99	112	123	107	10,1	13,5
					Blatt	(183,62)		100	108	100	122	154	116	12,6	16,9
1964	Sommergerste	-	-	50	Korn	(35,67)		100	103	102	104	107	102	5,9	
					Stroh	(39,13)		100	100	105	105	112	137	11,2	
1965	Kartoffeln	60	120	60	Knollen	(212,95)		100	98	95	88	106	101	20,8	
1966	Winterweizen	-	-	50	Korn	(30,63)		100	103	103	113	105	98	8,4	11,3
					Stroh	(37,30)		100	103	110	99	101	115	8,3	11,0
1967	Futterrüben	60	120	60	Rüben	(713,70)		100	109	93	110	120	160	8,5	11,5
					Blatt	(224,87)		100	111	96	122	160	189	16,5	22,1
		♂ Korn,Knol- len,Rüben		(9 Erträge)		100			103,9	96,9	102,5	110,2	106,2		
		♂ Stroh,Blatt(6 Erträge)				100			105,8	104,0	115,8	128,8	132,3		

* Kurz vor Einsetzen der Vegetationsruhe wurde der Bestand stark von Rost befallen.

Die unterstrichenen Früchte erhielten im Herbst des Vorjahres Stroh (50 dz/ha) bzw. Stallmist (300 dz/ha)

Die Unterlagen wurden vom Institut für Pflanzenernährung der T.H. München (Weihenstephan) zur Verfügung gestellt

Tabelle 8d Standort Mühlfeld

Korn-, Knollen-, Rüben-, Stroh- und Blatterträge von 1959 - 1967 in % (dz/ha), Kontrolle - 100

Jahr	Frucht	Kalkstickstoffdüngung zu Stroh im Herbst		N-Düngung kg N/ha zu Gründun- im Früh- gung Jahr	I Kontrolle (dz/ha)		II Extrag % (dz/ha)		IV Stroh+ Uka 1	V Stroh+ Uka 2	VI Stallmist	Gründifferenz	
		Uka 1	Uka 2				Uka 1	III Stroh allein				F 5 %	P 1 %
1959	Kartoffeln	60	120	30	60	Knollen (413,49)	100	95	101	105	97		
1960	-----	-----	-----	-----	50	Korn (44,53)	100	102	101	106	94		
	Winterweizen	-	-	-	50	Stroh (66,47)	100	102	98	105	93		
1961	Kartoffeln	60	120	30	40	Knollen (288,45)	100	111	90	101	99	16,2	21,6
1962	-----*	-----	-----	-----	50	Korn (39,12)	100	104	103	106	116	8,7	11,7
	Wintergerste	-	-	-	50	Stroh (48,77)	100	99	97	100	106	8,2	11,1
1963	Futterrüben	60	120	40	60	Rüben (755,03)	100	112	102	115	130	11,2	15,0
	-----	-----	-----	-----	50	Blatt (166,80)	100	112	101	127	161	13,9	18,6
1964	Sommergerste	-	-	-	50	Korn (33,92)	100	102	103	105	107	6,3	
	-----	-----	-----	-----	50	Stroh (27,93)	100	100	114	117	109	15,7	
1965	Kartoffeln	60	120	30	60	Knollen (216,20)	100	93	87	91	105	20,5	
1966	-----	-----	-----	-----	50	Korn (28,57)	100	108	107	109	104	100	9,0
	Winterweizen	-	-	-	50	Stroh (33,23)	100	97	98	106	106	9,3	12,4
1967	Futterrüben	60	120	40	60	Rüben (824,17)	100	109	91	109	115	161	7,4
	-----	-----	-----	-----	50	Blatt (239,33)	100	120	100	129	160	15,4	20,7
							Ø Korn,Knol- len, Rüben	105,1	97,7	104,8	112,6	107,3	
							Ø Stroh,Blatt(65Erträge)	100	105,0	101,3	114,0	125,1	121,0

----- Abziehen im Herbst des Vorjahres Stroh (50 dz/ha) bzw. Stallmist (300 dz/ha)

* - - - - Abziehen im Spätsommer des Vorjahres Liebraps(Gründüngung) auf allen Varianten gesät

Kurz vor dem Einsetzen der Vegetationsruhe wurde der Bestand stark von Rost befallen.

Die Unterlagen wurden vom Institut für Pflanzenernährung der T.H. München (Weihenstephan) zur Verfügung gestellt.

Kapitel V

Gefäßversuche ohne höhere Pflanzen (Gefäßversuch 1)

Die Feldversuche haben oft Unregelmäßigkeiten bzw. unter den unterschiedlichen Verhältnissen nicht erklärbare Differenzen bei der einen oder anderen Untersuchung gezeigt, wie bereits bei der Diskussion ihrer Ergebnisse betont wurde. Sie unterlagen der Einwirkung verschiedener Witterungsbedingungen, die von dem jeweiligen Standort abhängig war, welche direkt und durch die höheren Pflanzen indirekt für die Mikroorganismen des Bodens bzw. ihre Aktivität von großer Bedeutung sind. Weiterhin ist anzunehmen, daß die verschiedenen angebaute Pflanzen an den einzelnen Standorten unterschiedliche Einflüsse auf die Wirkung der Düngungsarten auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens ausüben. Die Vergleichbarkeit der entnommenen Bodenproben zu den gegebenen Zeiten stellte sich als nicht ausreichend heraus, da 1. die Zeitabstände zwischen den Entnahmen ziemlich lang waren, 2. die Homogenität der Bodenproben für die chemischen Untersuchungen zwar als ausreichend betrachtet werden konnten, jedoch nicht für die mikrobiologischen Untersuchungen, denn wenn der naturfeuchte Boden je nach seinem Wassergehalt durch ein 3 - 5 mm Sieb gegeben wurde, ist nicht auszuschließen, daß große, nicht gut verteilte Rückstände (gehäckseltes Stroh, abgestorbene Wurzeln, abgestorbene Bodentiere usw.) vorhanden sind. Die dadurch bedingte lokale Anreicherung von Mikroorganismen kann zu Fehlschlüssen führen, selbst, wenn man die Zahl der Proben erhöht und sie in kürzeren Abständen entnimmt, wären die unter 2. genannten Fehlermöglichkeiten nicht beseitigt. Daher wurde ein Gefäßversuch angelegt, der 1. in der Anordnung den Feldversuchen ähnelt und 2. die Dynamik der Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens im Laufe der Zeit unter kontrollierten Bedingungen darlegen sollte. Um dies zu erreichen, wurden alle anderen Faktoren Temperatur, Boden- und Luftfeuchtigkeit konstant gehalten. Um den Einfluß der höheren Pflanzen auszuschalten, blieben die Gefäße unbepflanzt. Der Boden für diesen Gefäßversuch wurde

aus dem Feldversuch Kleinseelheim/Krs. Marburg, aus folgenden Gründen entnommen:

1. Der Versuch hat bereits 7-mal Stroh bzw. Kalkstickstoff bekommen (Tab. 2) und verfügt über die hier erforderlichen Düngungsvarianten,
2. seine Ergebnisse zeigten die deutlichsten Unterschiede zwischen den verschiedenen Düngungsarten zu allen untersuchten Jahreszeiten.

5.1 Vorbereitung und Versuchsanordnung

Es wurden folgende Maßnahmen getroffen:

1. Etwa 50 kg naturfeuchter Boden wurden aus jeder der 6 Düngungsvarianten des Versuchs "Pitz Kleinseelheim/Marburg" im Herbst 1967 nach der Ernte und vor dem Einarbeiten des Strohs bzw. vor der Kalkstickstoffgabe entnommen.
2. Die Bodenproben wurden von Stroh bzw. von den Pflanzenresten soweit wie möglich befreit, an der Luft getrocknet, gemahlen und durch ein 2 mm Sieb gegeben.
3. Analog dem Feldversuch bekamen alle Varianten die entsprechenden Mengen an Grunddüngung wie folgt:
60 kg P_2O_5 /ha in Form von Superphosphat (18 % P_2O_5)
120 kg K_2O /ha in Form von Kalimagnesia (Patentkali) (28 % K_2O), wobei die entsprechenden Mengen an Superphosphat und Kalimagnesia als sehr feines Pulver zu dem lufttrockenen Boden gegeben und gut gemischt wurden.
4. Gepulverter ungeölter Kalkstickstoff (UKa) (Gesamt N = 20,30 %, Cyanamid-N = 19,46 % und Gesamt-CaO = 61,55 %), feingemahlene luftgetrocknete Wi-Weizenstroh und feingemahlener luftgetrockneter Stallmist wurden zu dem lufttrockenen Boden wie folgt zugegeben und gut gemischt:

Düngung	Bezeichnung
I. ohne Stroh, ohne Kalkstickstoff	(Kontrolle)
II. ohne Stroh + 60 kg N/ha "	(UKa ₁)
III. + 60 dz/ha Stroh ohne Kalkstickstoff	(Stroh allein)
IV. + 60 dz/ha Stroh + 60 kg N/ha "	(Stroh + UKa ₁)
V. + 60 dz/ha Stroh + 120 kg N/ha "	(Stroh + UKa ₂)
VI. + 250 dz/ha Stalldung (frisch)	(Stallmist)

Die Kalkstickstoffmengen wurden auf Grund des Gesamt-N-Gehaltes von 20,30 % berechnet. Das bei der Lufttrocknung des Stallmistes (30° C) verdunstete Ammoniak wurde bestimmt und beim Ansetzen des Versuchs in Form von Ammoniumsulfat $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ zugesetzt.

5. Auf etwa 60 % der maximalen Wasserkapazität (M.W.K.) wurde der Boden der 6 Varianten mit aqua dest. wieder befeuchtet, gemischt und gesiebt, um eine gute Homogenität zu erzielen.
6. In 384 kleinen Gefäßen wurde der feuchte Boden eingefüllt, jedes Gefäß enthielt 700 g feuchten Boden.
7. In einer vollklimatisierten Kammer im Gewächshaus des Instituts wurden die Gefäße aufgestellt. Um eine Verdunklung zu erzielen, wurden die Gefäße mit Pappdeckeln in Höhe von 10 cm abgedeckt, die Luftzirkulation war also nicht behindert. Die Temperatur in der Kammer blieb bei $20 \pm 2^\circ \text{C}$ und die Luftfeuchtigkeit bei ca. 80 % konstant.
8. Die Bodenfeuchte wurde dadurch konstant gehalten, daß die Gewichtsverluste mit aqua dest. jeden 3. Tag ersetzt wurden.
9. Nach 0,0, 0,5, 3, 7, 14, 28, 42, 61, 75, 99, 127, 154 und 182 Tagen wurden Proben entnommen. Bei jeder Probenahme wurden von den 6 Varianten je 4 Gefäße verwendet, jedes Einzelgefäß gut gemischt und gesiebt (eine Probenahme entspricht also 24 Gefäßen).
10. Die Bodenproben unterlagen folgenden Untersuchungen:

Gegenstand	Bezeichnung
A. Wassergehalt	W.G. %
B. Dehydrogenaseaktivität (DHA-Reduktion)	DHA $\frac{1}{100}$ / 10 g Boden
C. O_2 -Absorption mit dem WAD	$\leq 2 \text{ Pa}$, CO_2 , 4-23 St./100 g. B.
D. Nitrat-Gehalt	NO_3^- mg N/100 g Boden
E. Ammoniak-Gehalt	NH_4^+ mg N/100 g Boden
F. Wasserstoffionen-Konzentration	pH
G. Keimzählung	
a. Gesamtkeimzahl Bakterien auf Bodenextrakt-Agar	Mill/g B.
b. Zahl der Pilze auf 2 Nährmedien	
aa) Malz-Agar bb) Bengalrosa-Malz-Agar	Tausend/g B.
c. Zahl der Aktinomyzeten auf Bengalrosa-Malz-Agar	Mill/g B.
d. Zahl der Zellulosezerersetzer in Omelianski-Röhrchen	Tausend/g B.

5.2 Untersuchungsergebnisse: Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 2 - 18 wiedergegeben.

I		ohne Stroh,	ohne N
II		" " ,	mit N (60 kg/ha)
III		mit Stroh (60 dz/ha),	ohne N
IV		" " " ,	mit N (60 kg/ha)
V		" " " ,	" (120 kg/ha)
VI		mit Stallmist (250 dz/ha)	

Abb. 1 Bezeichnung der 6 Düngungsvarianten bei allen graphischen Darstellungen

5.2.1 Der Einfluß der verschiedenen Düngungsvarianten auf die Dehydrogenaseaktivität (DHA) des Bodens (Abb. 2 und 3)

Wie aus Abb. 2 hervorgeht, zeigten die verschiedenen Düngungsvarianten vor der Wiederbefeuchtung bzw. der Bebrütung unterschiedliche DHA-Werte. Selbst in dieser Zeit konnten schon höhere DHA-Werte bei den Varianten mit Stroh (III, IV und V) bzw. ein noch höherer Wert bei der Variante Stallmist (VI) nachgewiesen werden als bei den Varianten ohne organische Düngung, Kontrolle (I) und Kalkstickstoff (II). Die UKa-Düngung (II) wies vor der Wiederbefeuchtung des Bodens keine Wirkung gegenüber der Kontrolle auf, ebenso auch, wenn UKa zu Stroh gegeben wurde (IV und V) gegenüber Stroh allein (III), obwohl die Messungen der DHA nach 24-stündiger Bebrütung erfolgten. Ein steiler Anstieg der DHA wurde in den ersten 12 Stunden nach der Wiederbefeuchtung bei allen Varianten festgestellt. Die fördernde Wirkung der Zufuhr von orga-

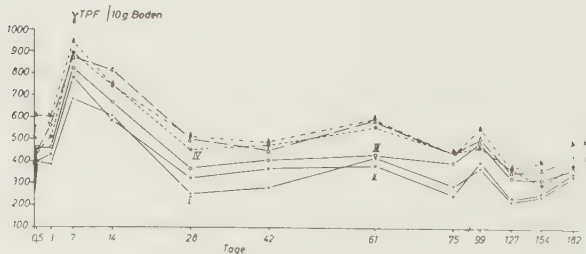


Abb. 2 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stallmist auf die Dehydrogenaseaktivität des Bodens

nischer Substanz auf die DHA war auch hier nachweisbar, bei der UKa-Düngung jedoch nicht. Eine fördernde Wirkung der UKa-Düngung

trat erst nach 3 Tagen auf. Zu dieser Zeit war die Fortsetzung des DHA-Anstiegs, auch wenn er weniger steil als in den ersten 12 Stunden war, nur bei den mit UKa gedüngten Varianten (II, IV und V) nachweisbar, und zwar förderte die UKa-Düngung die DHA sowohl allein (II) gegenüber der Kontrolle als auch in einfacher Gabe zu Stroh (IV) gegenüber Stroh allein (III). Die doppelte UKa-Gabe zu Stroh (V) zeigte auch erst am 3. Tag einen höheren DHA-Wert als die einfache Gabe. Demgegenüber konnte die Fortsetzung des DHA-Anstiegs in dieser Zeit bei den nicht mit UKa gedüngten Varianten, Kontrolle (I), Stroh allein (III) und Stallmist (VI) nicht nachgewiesen werden. Die höchsten DHA-Werte wurden am 7. Tag bei allen Varianten ermittelt. Die fördernde Wirkung der Strohgabe allein (III) bzw. der UKa-Düngung allein (II) war hier gegenüber der Kontrolle (I) wesentlich deutlicher als am 3. Tag, die UKa-Düngung (beide Gaben) zu Stroh (IV und V) zeigte auch hier eine Förderung der DHA gegenüber Stroh allein (III), allerdings war hier ein Unterschied zwischen der einfachen und der doppelten UKa-Gabe zu Stroh (IV und V) nicht vorhanden. Die Stallmistdüngung (VI) lieferte wieder die höchsten DHA-Werte. Diese deutlich überlegene Wirkung der Stallmistdüngung (VI) hielt nicht bis zum 14. Tag an. Nachdem das Maximum am 7. Tag erreicht wurde, nahm die DHA bei allen Varianten mehr oder weniger schnell ab, am schnellsten war sie bei den Varianten UKa₁ (II) und Stallmist (VI), daher kam es zu einem Ausgleich zwischen der Variante UKa₁ (II) mit der Kontrolle bzw. der Variante Stroh + UKa₁ (IV) und Stallmist (VI) am 14. Tag. Die Variante Stroh + UKa₂ (V) zeigte am 14. Tag höhere DHA als bei Stroh + UKa₁ (IV) und Stallmist (VI), weil ihre fördernde Wirkung länger anhielt. Trotz der ständigen Abnahme der DHA im weiteren Verlauf war noch eine fördernde Wirkung der UKa-Düngung allein (II) auf die DHA nach 42 Tagen nachweisbar; noch länger hielt die Wirkung der organischen Düngung an, und zwar bei Stroh allein (III) 154, Stroh + UKa₁ (IV) 127 Tage. Bei den Varianten Stroh + UKa₂ (V) und Stallmist (VI) war die fördernde Wirkung gegenüber der Kontrolle sogar noch nach 182 Tagen feststellbar. Demgegenüber lag die fördernde Wirkung der UKa-Düngung (beide Gaben) zu Stroh (IV und V) gegenüber Stroh allein (III) nur noch bis zum 75. Tag vor.

Im Gegensatz zu älteren Beobachtungen wurde weder ein Cyanamidschock noch eine leichte Hemmung der DHA des Bodens durch die UKa-Düngung sowohl allein (II) als auch in einfacher bzw. erhöhter Gabe zu Stroh (IV und V) beobachtet. Aus den ermittelten Einzelwerten der DHA wurden Summenkurven erstellt (Abb. 3), um die unterschiedliche Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf die DHA deutlicher hervortreten zu lassen. Wie aus Abb. 3 hervorgeht, konnten folgende Tatsachen festgestellt werden:

1. Die Wiederbefeuchtung des lufttrocken gelagerten Bodens führte zu einer Förderung seiner Dehydrogenaseaktivität (DHA).
2. Die Düngung mit Kalkstickstoff (UKa_1) in Höhe von 60 kg N/ha (II) förderte die DHA des Bodens, auch wenn diese Förderung nicht sehr groß war.
3. Die Strohgabe allein (III) zeigte eine wesentlich stärkere Förderung als UKa_1 (II).
4. Durch die Düngung mit der einfachen UKa-Gabe zu Stroh (IV) wurde die Wirkung des Strohs beachtlich gesteigert.
5. Die erhöhte UKa-Gabe zu Stroh (V) zeigte zwar eine stärkere DHA als die einfache Gabe (IV), jedoch war die Wirkung der zweiten 60 kg N/ha wesentlich niedriger als die der ersten gegenüber Stroh allein (III).
6. Durch die Düngung mit Stalldung wurde die stärkste Förderung der DHA erzielt.
7. Die Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf die DHA des Bodens zeigte folgende Rangfolge:
 $\text{Stalldung (VI)} > \text{Stroh} + \text{UKa}_2 \text{ (V)} > \text{Stroh} + \text{UKa}_1 \text{ (IV)} > \text{Stroh allein (III)} \gg \text{UKa}_1 \text{ (II)} > \text{Kontrolle (I)}^1$.

1) $>$ = stärker als $\gg$ = viel stärker als

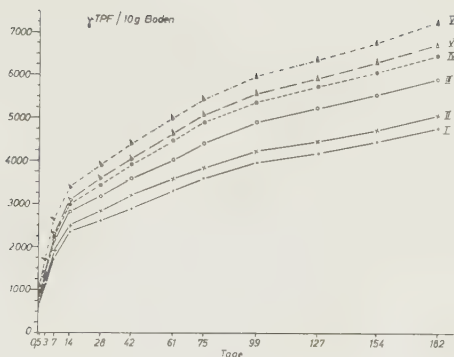


Abb. 3 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stalldunges auf die Dehydrogenaseaktivität des Bodens (Summenkurven)

5.2.2 Der Einfluß der verschiedenen Düngungsvarianten auf die CO₂-Entwicklung im Boden (Abb. 4 und 5)

Die Messung der CO₂-Entwicklung wurde erst 12 Stunden nach der Wiederbefeuchtung des Bodens durchgeführt, weil sie bei dem lufttrockenen Boden aus methodischen Gründen nicht möglich ist. Wie aus Abb. 4 hervorgeht, waren die Werte der CO₂-Entwicklung schon zu diesem frühen Zeitpunkt nicht nur die höchsten, sondern sie zeigten auch die deutlichsten Unterschiede zwischen den Varianten. Die UKa-Düngung allein (II) zeigte hier nur eine schwache Förderung gegenüber der Kontrolle. Demgegenüber fand eine starke Förderung der CO₂-Entwicklung durch die Zufuhr von organischer Substanz statt (III, IV, V und VI), allerdings war diese Förderung unterschiedlich stark. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) zeigte einen wesentlich höheren CO₂-Wert als Stroh allein (III), die er-

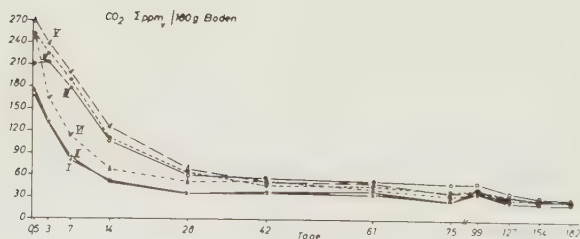


Abb. 4 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stalldung auf die CO_2 -Entwicklung im Boden

höhte Gabe zu Stroh (V) führte zu einer noch stärkeren CO_2 -Entwicklung gegenüber der einfachen Gabe (IV) und war sogar höher als Stalldung (VI). Der Stalldung (VI) war hier nicht überlegen, wie es bei der DHA der Fall war, er zeigte nur noch etwa den gleichen Wert wie Stroh + UKa_1 (IV). Danach nahm die CO_2 -Entwicklung bei allen Varianten, mit Ausnahme der Variante Stroh allein (III), sehr schnell ab. Allerdings war die Abnahme bei der Variante Stallmist (VI) am schnellsten, so daß sie am 3. Tag nur noch eine Überlegenheit gegenüber der Kontrolle (I) bzw. UKa_1 (II) aufweisen konnte, hielt aber bis zum 42. Tag an. Die UKa_1 -Gabe (II) konnte bis zum Ende des Versuchs keine Wirkung gegenüber der Kontrolle erreichen. Bis zum 3. Tag blieb die CO_2 -Entwicklung bei Stroh allein (III) unverändert, nahm danach aber auch rasch ab. Ihre fördernde Wirkung gegenüber der Kontrolle hielt bis zum 75. Tag, also am längsten an. Im Gegensatz dazu war die fördernde Wirkung

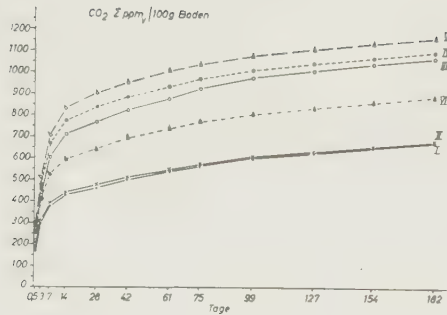


Abb. 5 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stallmists auf die CO_2 -Entwicklung im Boden (Summenkurve)

der Düngung mit Stroh + UKa_1 (IV) und Stroh + UKa_2 (V) gegenüber der Kontrolle nur noch bis zum 42. Tag nachweisbar, wie es auch bei Stalldung (VI) der Fall war. Eine Förderung der CO_2 -Entwicklung durch die UKa -Düngung zu Stroh gegenüber Stroh allein (III), konnte bei der einfachen Gabe (IV) nur bis zum 7. Tag und bei der erhöhten Gabe (V) bis zum 28. Tag nachgewiesen werden. Im allgemeinen war eine Übereinstimmung in der Tendenz zwischen den Ergebnissen der DHA und der CO_2 -Entwicklung insofern vorhanden, als die Zufuhr organischer Substanz (III, IV, V und VI) zu einer starken Intensivierung der CO_2 -Entwicklung führte, allerdings hielt diese Wirkung nicht so lange wie bei der DHA an. Außerdem war die fördernde Wirkung der UKa -Düngung zu Stroh (IV und V) gegenüber Stroh allein (III) auf die CO_2 -Entwicklung auch deutlich. Weiterhin konnte keine hemmende Wirkung der UKa -Düngung auf die CO_2 -Entwicklung festgestellt werden. Demgegenüber zeigte die UKa -Düngung allein

(II) keine Wirkung auf die CO_2 -Entwicklung und der Stalldung (VI) führte zu einer niedrigeren CO_2 -Entwicklung als bei den Parzellen, die Stroh erhielten (III, IV und V).

Die aus den Einzelwerten der CO_2 -Entwicklung erstellten Summenkurven zeigen den gleichen Verlauf wie die der DHA, sie stützen weiterhin die Feststellung, die aus den DHA-Summenkurven abzuleiten waren, nämlich:

1. Die Zufuhr von organischer Substanz (III, IV, V und VI) führte zu einer starken Förderung der Atmung des Bodens,
2. diese Wirkung wurde durch die Düngung mit einfacher UKa-Gabe zu Stroh (IV) erhöht und noch intensiver wirkte die doppelte Gabe (V).

Allerdings zeigten die CO_2 -Summenkurven eine andere Rangfolge insofern, als die UKa (II) keine Wirkung gegenüber der Kontrolle zeigte und der Stalldung (VI) seine überlegene Förderung nur noch gegenüber der Kontrolle aufwies. Die Rangfolge war folgende:
Stroh + UKa₂ (V) > Stroh + UKa₁ (IV) > Stroh allein (III) >>>
Stalldung (VI) >>> UKa₁ (II) = Kontrolle (I).

5.2.3 Der Einfluß der verschiedenen Düngungsarten auf die Gesamtkeimzahlen des Bodens (Abb. 6 und 7)

Die Gesamtkeimzahlen in dem lufttrockenen Boden stimmten in den einzelnen Varianten etwa überein, waren aber sehr niedrig. Innerhalb der ersten 12 Stunden nach der Wiederbefeuchtung des Bodens stiegen sie etwa auf das Zweifache, jedoch konnten keine Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden. Erst am 3. Tag traten deutliche Unterschiede auf. Bis zum 3. Tag stiegen die Gesamtkeimzahlen sehr schnell auf das etwa 4 - 10-fache der ursprünglichen Zahlen an. UKa₁ (II) lieferte eine etwas höhere Keimzahl als die Kontrolle (I). Ungefähr die gleiche Keimzahl wie bei UKa₁ (II) wurde bei Stroh allein (III) gefunden. Demgegenüber waren die Keimzahlen bei Stroh + UKa₁ (IV) deutlich höher als bei Stroh allein (III) und die doppelte UKa-Gabe zu Stroh (V) lieferte darüber

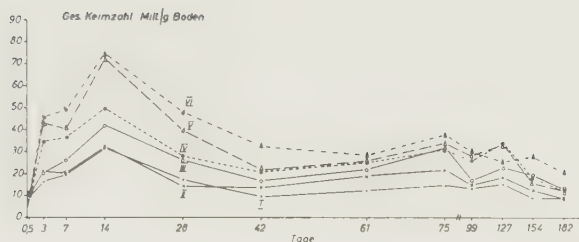


Abb. 6 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stalldunges auf die Gesamtkeimzahl des Bodens

hinaus einen weiteren Anstieg. Stalldung (VI) zeigte etwa die gleiche Keimzahl wie bei Stroh + UKa_2 (V). Vom 3. bis zum 7. Tag war der Anstieg der Keimzahlen bei allen Varianten sehr gering. Die Unterschiede zwischen den Varianten blieben aber erhalten, abgesehen davon, daß die UKa_1 -Gabe allein (II) gegenüber der Kontrolle keine Förderung mehr zeigte und Stalldung (VI) eine höhere Keimzahl als Stroh + UKa_2 (V) lieferte. Vom 7. bis zum 14. Tag stiegen die Keimzahlen bei allen Varianten wieder sehr hoch, so daß am 14. Tag ein zweites, aber höheres Maximum vorlag. Zu diesem Zeitpunkt war die fördernde Wirkung der Zufuhr organischer Substanz am stärksten. Eine deutlich höhere Keimzahl als bei der Kontrolle (I) wurde bei Stroh allein (III) gefunden. Die einfache UKa -Gabe zu Stroh (IV) führte zu einer höheren und die doppelte Gabe (V) zu einer noch wesentlich höheren Keimzahl als Stroh allein (III), obwohl die UKa -Düngung allein (II) gegenüber der Kontrolle (I) gar keine Wirkung erkennen ließ. Eine Überlegenheit

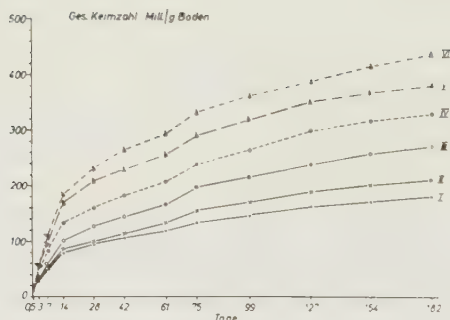


Abb. 7 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stalldüngs auf die Gesamtkeimzahl des Bodens (Summenkurve)

des Stalldüngs (VI) gegenüber Stroh + UKa₂ (V) war nicht eindeutig festzustellen. Danach nahmen die Keimzahlen bei allen Varianten unterschiedlich stark ab, so daß am 28. Tag die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) etwa die gleiche Keimzahl lieferte wie Stroh allein (III) und der Stalldüng (VI) eine stärkere Förderung als Stroh + UKa₂ (V) aufwies. Die anderen Unterschiede änderten sich nicht. Die Keimzahlen blieben bei den mit Stroh versehenen Parzellen (III, IV und V) 154 Tage lang höher als bei der Kontrolle und bei Stalldüng (VI) noch länger (182 Tage). Demgegenüber lag die fördernde Wirkung der UKa-Düngung zu Stroh (IV und V) gegenüber Stroh allein (III) nur bis zum 42. Tag vor.

Die Übereinstimmung in der Tendenz zwischen den Gesamtkeimzahlen einerseits und den Ergebnissen der DHA und der CO₂-Entwicklung andererseits war insofern gut, als die Zufuhr organischer Substanz

(Stroh III, IV und V bzw. Ställmist VI) zu höheren Keimzahlen führte und die UKa-Düngung zu Stroh (IV und V) eine deutliche Förderung gegenüber Stroh allein (III) aufwies. Außerdem konnte im Gegensatz zu älteren Beobachtungen durch die UKa-Düngung keine hemmende Wirkung auf die Bodenbakterien sowohl allein (II, als auch in einfacher bzw. doppelter Gabe zu Stroh (IV und V) nachgewiesen werden. Allerdings darf nicht übersehen werden, daß die Dynamik der Wirkungen der Wiederbefeuchtung des Bodens bzw. der verschiedenen Düngungsarten auf die DHA, CO_2 -Entwicklung und Keimzahl nicht den gleichen zeitlichen Rhythmus zeigten (s. Abb. 2, 4 und 6), denn die maximale CO_2 -Entwicklung erfolgte innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Wiederbefeuchtung des Bodens, während die maximale DHA am 7. Tag und die maximale Gesamtkeimzahl am 14. Tag festgestellt wurde.

Die Summenkurven, die aus den Einzelwerten der Gesamtkeimzahlen erstellt wurden, liefen analog mit denen der DHA (s. Abb. 3). Sie lieferten damit weitere Stützen der Schlußfolgerungen, die bereits bei der Besprechung der DHA gezogen wurden. Die Wirkungen der verschiedenen Düngungsarten auf die Gesamtkeimzahlen des Bodens zeigten die gleiche Rangfolge wie die auf die DHA, nämlich:
Stalldung (VI) > Stroh + UKa₂ (V) > Stroh + UKa₁ (VI) >
Stroh allein (III) >> UKa₁ (II) > Kontrolle (I).

5.2.4 Der Einfluß der verschiedenen Düngungsarten auf die Zahl der zellulosezersetzenden Bakterien im Boden (Abb. 8 und 9)

Wie aus Abb. 8 hervorgeht, zeigten die Zahlen der Zellulosezer-setzer im lufttrockenen Boden, wie es bei den Gesamtkeimzahlen der Fall war, ebenso keine Unterschiede, sie waren auch sehr niedrig. Die Variante Stalldung (VI) war die einzige, die eine deutliche Zunahme 12 Stunden nach der Wiederbefeuchtung des Bodens aufwies. Die Zahlen der Zellulosezer-setzer bei den anderen Varianten blieben niedrig und ließen keine Tendenz erkennen. Bis zum 3. Tag nach der Wiederbefeuchtung waren die Zahlen noch niedrig und ließen dadurch, daß die Schwankung der Zahlen im Bereich der methodischen Fehler

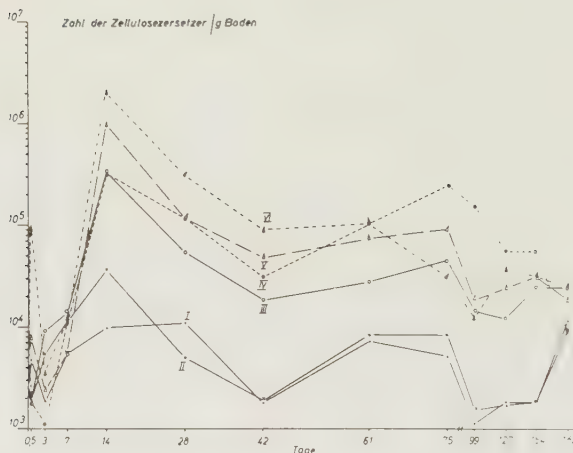


Abb. 8 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stalldüngs auf die Zahl der Zelluloseersetzer im Boden

lagen, keine Tendenz erkennen. Allerdings war eine deutliche Abnahme bei Stalldüng (VI) von der 12. Stunde bis zum 3. Tag nachweisbar. Dieser Zustand herrschte weiter bis zum 7. Tag. Erst am 14. Tag konnten deutliche Unterschiede zwischen den Düngungsarten ermittelt werden, und zwar insofern, als die Zahlen der Zelluloseersetzer vom 7. bis zum 14. Tag bei allen Varianten bis auf etwa das 400-fache gestiegen waren, und damit ihr Maximum erreichten. Zu diesem Zeitpunkt zeigten die mit organischer Substanz gedüngten Parzellen (Stroh III, IV und V bzw. Stalldüng VI) wesentlich höhere Zahlen als bei der Kontrolle (I) und UKa₁ (II). Obwohl die Düngung mit einfacher UKa-Gabe allein (II) zu einer deutlich höheren Zahl als die der Kontrolle führte, konnte bei der Zufuhr der gleichen Gabe zu Stroh (IV) nur etwa die gleiche Zahl wie bei Stroh allein (III) ermittelt werden. Demgegenüber wies die doppelte UKa-Gabe zu Stroh (V) eine fördernde Wirkung gegenüber Stroh allein (III) auf. Der Stalldüng (VI) zeigte wieder die stärkste

Förderung, wie es auch bei der DHA und den Gesamtkeimzahlen der Fall war. Nachdem das Maximum am 14. Tag erreicht wurde, nahmen die Zahlen der Zellulosezer-setzer unterschiedlich schnell ab, allerdings zeigte die Kontrolle (I) keine Abnahme. Dadurch wurde am 28. Tag bei der Kontrolle (I) eine höhere Zahl ermittelt als bei UKa₁ (II). Außerdem lag die Zahl der Zellulosezer-setzer bei Stroh allein (III) niedriger als bei Stroh + UKa₁ (IV). Die doppelte UKa-Gabe zu Stroh (V) zeigte die gleiche Zahl wie bei Stroh + UKa₁ (IV). Weiterhin blieb die überlegene Wirkung des Stall-dungs (VI) erhalten. Die fördernde Wirkung der Zufuhr von organischer Substanz (III, IV, V und VI) auf die Zellulosezer-setzer war bis zum 182. Tag und die der UKa-Düngung allein (II) jedoch nur am 14. Tag deutlich feststellbar. Bis zum 154. Tag zeigte die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) eine stärkere Förderung als Stroh allein (III) und die doppelte Gabe zu Stroh (V) nur bis zum 75. Tag. Die Variante Stroh + UKa₁ (IV) lieferte in der Zeit vom 75. bis zum 154. Tag sogar höhere Zahlen als Stroh + UKa₂ (V). Die überlegene Wirkung des Stall-dungs (VI) gegenüber Stroh + UKa₂ (V) war nur zwischen dem 14. und 42. Tag nachweisbar.

Die Zahlen der Zellulosezer-setzer wiesen in der Tendenz eine gute Übereinstimmung mit den Gesamtkeimzahlen, DHA- und CO₂-Werten auf, abgesehen davon, daß die Kurven der Zellulosezer-setzer nach dem 42. Tag einen etwas anderen Verlauf zeigten. Sie stützten also ebenfalls die bereits bei der Besprechung der Ergebnisse von den Gesamtkeimzahlen, der CO₂-Entwicklung und der DHA erwähnten Tatsachen insofern, als die Zellulosezer-setzer durch die Zufuhr organischer Substanz (Stroh III, IV und V bzw. Stall-dung VI) monatelang gefördert wurden und die UKa-Düngung zu Stroh (IV und V) eine stärkere Förderung als Stroh allein (III) zeigte. Außerdem konnte auch hier, im Gegensatz zu früheren Beobachtungen, keine hemmende Wirkung auf die Zellulosezer-setzer durch die UKa-Düngung sowohl allein (II) als auch in einfacher bzw. doppelter Gabe zu Stroh (IV und V) nachgewiesen werden.

Die aus den Einzelzahlen der Zellulosezer-setzer erstellten Summenkurven (Abb. 9) zeigten die gleiche Rangfolge wie die der DHA und

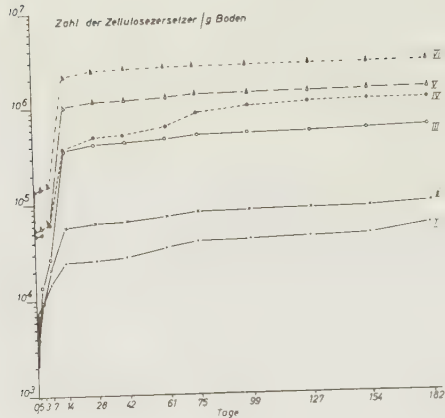


Abb. 9 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stallmist auf die Zahl der Zellulosezerersetzer im Boden (Summenkurve)

und der Gesamtkeimzahlen, nämlich:

Stallmist (VI) > Stroh + UKa₂ (V) > Stroh + UKa₁ (IV) >
Stroh allein (III) >> UKa₁ (II) > Kontrolle (I).

5.2.5 Der Einfluß der verschiedenen Düngungsarten auf die Zahl der Pilze im Boden (Abb. 10 und 11)

Die Pilzzahlen, auf Grund deren die graphischen Darstellungen 10 und 11 erstellt wurden, stellen einen Durchschnitt der Zahlen der auf Malz-Agar und auf Bengalrosa-Malz-Agar gewachsenen Pilze dar. Sie lagen bei den Varianten Stroh + UKa (beide Gaben IV und V) bzw. Stallmist (VI) bereits im lufttrockenen Boden etwas höher als bei den Varianten Kontrolle (I), UKa₁ (II) und Stroh allein (III). Ein unterschiedlich steiler Anstieg der Pilzzahlen über das

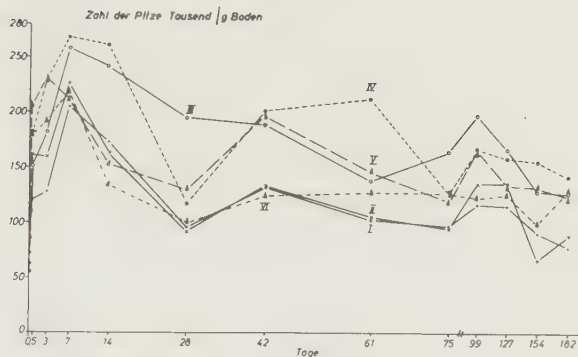


Abb. 10 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stallungs auf die Zahl der Pilze im Boden (Mittelwerte aus den Pilzzahlen auf Malz-Agar und Bengalrosa-Malz-Agar)

2-fache hinaus war bei allen Düngungsarten bereits 12 Stunden nach der Wiederbefeuchtung des Bodens feststellbar. Dadurch wurden zu diesem Zeitpunkt die Pilzzahlen bei Stroh allein (III) als bei der Kontrolle (I) deutlich erhöht. Außerdem führte die UKa-Düngung allein (II) sogar zu einer etwas höheren Pilzzahl als Stroh allein (III). Weiterhin wurde die fördernde Wirkung des Strohs (III) durch die einfache UKa-Gabe (IV) leicht und durch die doppelte Gabe (V) noch mehr verstärkt. Der Stallung (VI) lieferte nur etwa die gleiche Zahl der Pilze wie Stroh + UKa₁ (IV). Von der 12. Stunde bis zum 3. Tag nahmen die Pilzzahlen entweder kaum (Kontrolle I und UKa₁ II) bzw. nur leicht (Stroh + UKa₂ V und Stallung VI) oder weiter stark zu (Stroh allein III und Stroh + UKa₁ IV). Am 3. Tag war die überlegene Wirkung der UKa-Düngung allein (II) gegenüber der Kontrolle noch feststellbar, gegenüber Stroh allein (III) je-

doch nicht mehr. Die Strohgabe führte sogar zu einer höheren Zahl als UKa₁ (II). Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) zeigte etwa die gleiche Zahl wie die doppelte Gabe (V), die eine stärkere Förderung als Stalldung (VI) bzw. als Stroh allein (III) aufwies. Die maximale Zahl bei der Variante Stroh + UKa₂ (V) wurde bereits am 3. Tag gefunden, danach nahmen ihre Zahlen ab. Vom 3. bis zum 7. Tag nahmen die Zahlen, mit Ausnahme von Stroh + UKa₂ (V), wieder mehr oder weniger stark zu und erreichten damit ihr Maximum. Allerdings waren keine bedeutenden Unterschiede zwischen den Varianten Kontrolle (I), Stroh + UKa₂ (V) und Stalldung (VI) nachweisbar. Das Stroh (III) dagegen führte zu einer deutlich höheren Zahl als die Kontrolle. Die Wirkung der einfachen UKa-Gabe allein (II) war gegenüber der Kontrolle (I) genau so wie die der einfachen UKa-Gabe zu Stroh (IV) gegenüber Stroh allein (III) eine leicht fördernde. Dagegen ließ die doppelte UKa-Gabe zu Stroh (V) eine negative Wirkung erkennen, die vom 7. bis zum 28. Tag anhielt. Nachdem das Maximum am 7. Tag erreicht wurde, nahmen die Pilzzahlen bei allen Varianten unterschiedlich schnell ab. Bis zum Versuchsabschluß war weder eine positive noch eine negative Wirkung der UKa-Düngung allein (II) im Vergleich zu der Kontrolle (I) nachweisbar. Dagegen blieb die starke Förderung durch die Strohgabe allein (III) ununterbrochen erhalten. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) zeigte nur noch bis zum 14. Tag eine stärkere Förderung als Stroh allein (III), danach lagen ihre Zahlen entweder niedriger als bei Stroh allein (III) oder in gleicher Höhe, allerdings zeigte sie am 61. Tag eine wesentlich höhere Zahl. Im Gegensatz dazu führte die doppelte UKa-Gabe zu Stroh (V) vom 7. bis zum 28. Tag zu wesentlich niedrigeren Zahlen als bei Stroh allein (III) und danach zeigte sie entweder etwa die gleichen oder niedrigeren Zahlen. Die mehrfach festgestellte überlegene Wirkung des Stalldungs (VI) gegenüber Stroh + UKa₂ (V) (bei DHA, den Gesamtkeimzahlen und den Zellulosezersetzern) wurde hier vom Anfang bis zum Ende des Versuchs nicht beobachtet. Der Stalldung (VI) lieferte meistens niedrigere Zahlen als bei den mit Stroh versehenen Parzellen (III, IV und V), er zeigte sogar oft die gleichen Zahlen wie die Kontrolle (I). Die unterschiedliche starke Förderung der

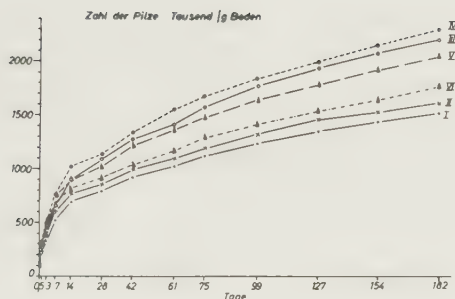


Abb. 11 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stallmists auf die Zahl der Pilze im Boden (Summenkurve)
(Mittelwerte aus den Pilzzahlen auf Malz-Agar und Bengalrosa-Malz-Agar)

Pilzzahlen durch die verschiedenen Düngungsarten sind in Abb. 11 als Summen dargestellt und zeigen folgende Rangfolge:
 Stroh + UKa₁ (IV) > Stroh allein (III) > Stroh + UKa₂ (V) >>
 Stallmist (VI) > UKa₁ (II) > Kontrolle (I).

Die Pilzzahlen zeigten also in der Tendenz eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen der DHA, der CO₂-Entwicklung, den Gesamtkeimzahlen und den Zahlen der Zellulosezerersetzer insofern, als 1. die direkte Anwendung des Strohs (III, IV und V) die Pilzzahlen stark erhöhte und 2. die UKa-Düngung in einfacher Gabe sowohl allein (II) gegenüber der Kontrolle (I) als auch zu Stroh (IV) im Vergleich zu Stroh allein (III) eine Förderung zeigte. Die Pilzzahlen standen aber in einem Gegensatz zu den Ergebnissen der oben erwähnten Untersuchungen in dem Sinne, daß 1. die doppelte UKa-Gabe zu

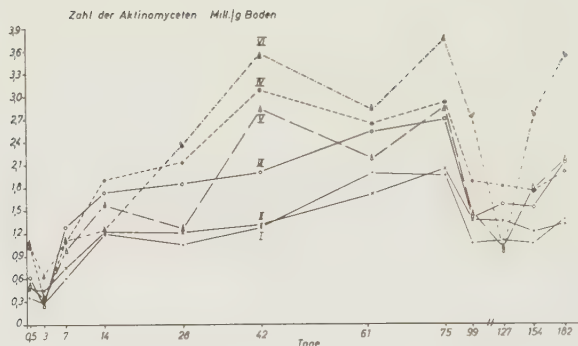


Abb. 12 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stallungs auf die Zahl der Aktinomyceten im Boden

Stroh (V) im allgemeinen zu niedrigeren Pilzzahlen als Stroh allein (III) führte und 2. der Stallung (VI) wies sogar nur selten eine überlegene Wirkung gegenüber der Kontrolle auf.

5.2.6 Der Einfluß der verschiedenen Düngungsarten auf die Zahl der Aktinomyceten im Boden (Abb. 12 und 13)

Die Zahl der Aktinomyceten (Abb. 12) war am Anfang des Versuchs (12 Stunden nach der Wiederbefeuchtung des Bodens) bei allen Varianten niedrig, es konnten aber trotzdem bereits Unterschiede erfaßt werden, und zwar zeigten Stroh + UKa₁ (IV) und Stallung (VI) etwas höhere Zahlen als die anderen Varianten (Kontrolle I, UKa₁ II, Stroh allein III und Stroh + UKa₂ V), die keine Unterschiede untereinander zeigten. Von der 12. Stunde an bis zum 3. Tag nahmen die Zahlen bei allen Varianten ab. Stallung (VI) lie-

ferte eine etwas höhere Zahl als die anderen Varianten. Vom 3. Tag an nahm aber die Zahl der Aktinomyceten bei allen Varianten mehr oder weniger ständig zu. Die Zufuhr organischer Substanz (Stroh allein III, Stroh + UKa₁ IV, Stroh + UKa₂ V und Stalldung VI) zeigte bereits am 7. Tag eine leichte Förderung gegenüber der Kontrolle (I). Die UKa-Düngung allein (II) lieferte während des Versuchs meistens unbedeutend höhere oder niedrigere Zahlen als die Kontrolle (I), so daß ihre Zufuhr weder eine positive noch eine negative Wirkung auslöste. Die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) führte am 7. Tag zu einer unbedeutend niedrigeren und die doppelte Gabe (V) zu einer noch niedrigeren Zahl als Stroh allein (III), so daß bei doppelter Gabe von einer hemmenden Wirkung des Kalkstickstoffs gesprochen werden kann. Am 14. Tag wurde die hemmende Wirkung der doppelten UKa-Gabe zu Stroh (IV) noch nicht überwunden. Am 28. Tag war sie allerdings noch deutlich feststellbar. Die fördernde Wirkung der einfachen UKa-Gabe zu Stroh (IV) war vom 14. bis zum 154. Tag stärker als die des Strohs (III). Vom 28. Tag ab zeigte der Stalldung (VI) eine überlegene Wirkung gegenüber allen anderen Varianten. Das Maximum wurde bei den Aktinomyceten (nach 42 - 75 Tagen) wesentlich später als bei den Bakterien bzw. den Zellulosezersetzern (nach 14 Tagen) und bei den Pilzen (nach 7 Tagen) erreicht. Die aus den Einzelzahlen der Aktinomyceten erstellten Summenkurven (Abb. 13) zeigten einen langsameren Verlauf als die der Bakterien, Pilze und Zellulosezersetzer. Die verschiedenen Düngungsarten wirkten fördernd auf die Aktinomyceten wie folgt:

Stalldung (VI) $\gg$ Stroh + UKa₁ (IV) $>$ Stroh allein (III) $>$
Stroh + UKa₂ (V) $\gg$ UKa₁ (II) $>$ Kontrolle (I).

Die Zahlen der Aktinomyceten stimmten also in der Tendenz mit den DHA-Werten, den Gesamtkeimzahlen und den Zahlen der Pilze bzw. der Zellulosezersetzer darin überein, daß

1. Die Zufuhr organischer Substanz (Stroh III, IV und V bzw. Stallmist VI) die Aktinomyceten im Boden stark förderte. Eine solche Wirkung war meistens nach mehreren Monaten noch feststellbar.

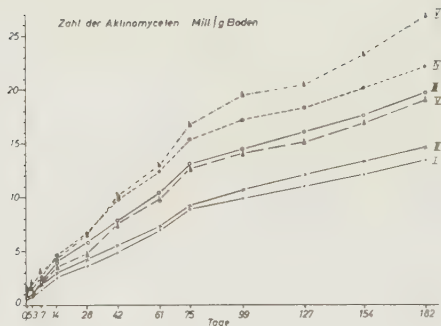


Abb. 13 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stallungs auf die Zahl der Aktinomyceten im Boden (Summenkurve)

2. Eine hemmende Wirkung der einfachen UKa-Gabe sowohl allein (II) als auch zu Stroh (IV) konnte weder bei der Zahl der verschiedenen Mikroorganismen noch bei ihrer Aktivität (DHA und CO₂-Entwicklung) nachgewiesen werden.
3. Die überlegene Wirkung des Stallungs (VI) gegenüber Stroh + UKa (IV und V) auf die Aktinomyceten war, trotz ihres späteren Eintretens, auch vorhanden. Demgegenüber war eine hemmende Wirkung der doppelten UKa-Gabe zu Stroh (V) gegenüber Stroh allein (III) auf die Aktinomyceten feststellbar. Eine hemmende Wirkung war auch bei den Pilzen nachgewiesen worden.

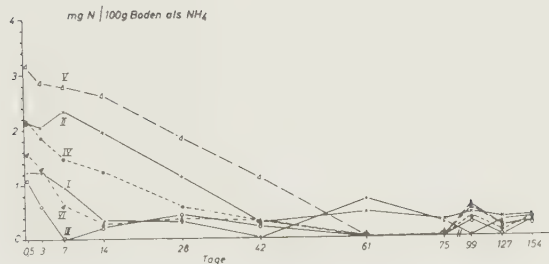


Abb. 14 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stalldunges auf den Gehalt an freiem Ammoniak im Boden

5.2.7 Der Einfluß der verschiedenen Düngungsarten auf den Gehalt an freiem Ammoniak im Boden (Abb. 14 und 15)

Wie aus Abb. 14 hervorgeht, zeigten die verschiedenen Düngungsarten bereits 12 Stunden nach der Wiederbefeuchtung des Bodens unterschiedliche Ammoniak-Gehalte. Zu diesem Zeitpunkt wiesen die mit einfacher UKa-Gabe gedüngten Gefäße (II und IV) etwa 2-mal und die mit doppelter Gabe (V) etwa 3-mal soviel Ammoniak auf wie die Kontrolle (I). Der Ammoniak-Gehalt in dem mit Stalldung (VI) versehenen Boden lag nur wenig höher als der der Kontrolle (I). Von der 12. Stunde an bis zum 3. Tag nahm der Gehalt an Ammoniak bei allen Varianten, außer der Kontrolle (I) und UKa₁ (II), bei denen er etwa gleich blieb, deutlich ab. Da die Abnahme unterschiedlich stark war, wurde bei Stroh allein (III) bereits am 3. Tag eine niedrigere Ammoniakmenge als bei der Kontrolle (I) ge-

funden. Der Stalldung (VI) zeigte gegenüber der Kontrolle keine unterschiedliche Wirkung. Der Ammoniak-Gehalt war noch bei den mit UKa gedüngten Parzellen (II, IV und V) deutlich höher als bei den Varianten ohne UKa-Düngung (I, III und VI). Vom 3. bis zum 7. Tag nahm der Ammoniak-Gehalt weiter ab, so daß bei den Parzellen mit Stroh allein (III) überhaupt kein Ammoniak mehr nachgewiesen werden konnte. Der Stalldung (VI) zeigte sogar einen niedrigeren Gehalt als die Kontrolle. Die Herabsetzung des Ammoniak-Gehalts durch die Zufuhr von Stroh, die bei Stroh allein (III) gegenüber der Kontrolle bereits am 3. Tag feststellbar war, konnte bei Stroh + UKa₁ (IV) gegenüber UKa₁ (II) erst am 7. Tag nachgewiesen werden, sie hielt bis zum 28. Tag an. Die doppelte UKa-Gabe zu Stroh (V) zeigte weiter den höchsten Gehalt. Vom 14. Tag ab wurden bei den Varianten Kontrolle (I), Stroh allein (III) und Stalldung (VI) nur sehr geringe Mengen Ammoniak gefunden, und zwar ohne wesentliche Unterschiede. Während die Düngung mit der einfachen UKa-Gabe allein (II) 28 Tage lang zu einem höheren Ammoniak-Gehalt als die Kontrolle führte, konnte diese Wirkung durch die Zufuhr von Stroh (Stroh + UKa₁ IV) nur bis zum 14. Tag festgestellt werden. Allerdings lieferte die doppelte UKa-Gabe zu Stroh (V) 42 Tage lang größere Ammoniakmengen als die einfache Gabe ohne Stroh (II). Danach war der Ammoniak-Gehalt bei allen Varianten sehr niedrig und zeigte keine deutlichen Unterschiede mehr.

Die gefundenen Ammoniakmengen stellen keine absoluten Werte dar, sondern die Mengen, die nach der Nitrifikation bzw. nach der Aufnahme durch die verschiedenen Mikroorganismen übriggeblieben sind. Daher können aus den Einzelwerten des gefundenen Ammoniaks nur indirekte Schlußfolgerungen über die gesamte Ammoniakbildung gezogen werden. Das trifft auch für die aus den Einzelwerten erstellten Summenkurven (Abb. 15) zu. Wie aus ihnen (Abb. 15) hervorgeht, setzte die Ammoniakbildung bei allen Varianten sehr rasch ein. Innerhalb der ersten 3 Tage wurden über 30 %, innerhalb der ersten Woche über 50 % und in den ersten 2 Wochen bereits über 75 % der in 154 Tagen gefundenen Ammoniakmenge ermittelt. Das braucht aber nicht zu bedeuten, daß die Intensität der Ammoniakbildung nach den

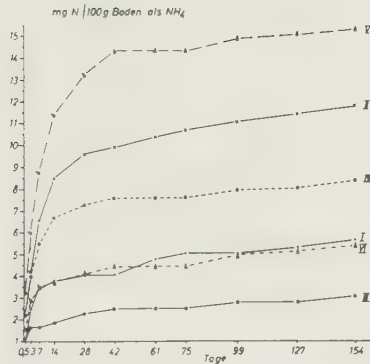


Abb. 15 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stalldüngs auf den Gehalt an freiem Ammoniak im Boden (Summenkurve)

ersten 2 Wochen abnahm. Die in den verschiedenen Varianten gefundenen Ammoniakmengen zeigten folgende Rangfolge:

Stroh + UKa₂ (V) > UKa₁ (II) > Stroh + UKa₁ (IV) > Kontrolle (I) = Stalldüng (VI) > Stroh allein (III).

5.2.8 Der Einfluß der verschiedenen Düngungsarten auf den Nitratgehalt des Bodens (Abb. 16 und 17)

Der Gehalt an Nitrat-N war bei den verschiedenen Varianten im lufttrockenen Boden niedrig und zeigte keine Unterschiede. Auch bis zur 12. Stunde nach der Wiederbefeuchtung des Bodens konnten noch keine Unterschiede ermittelt werden, abgesehen davon, daß der Stalldüng (VI) zu einem etwas höheren Nitrat-N-Gehalt als bei den anderen Varianten führte. Von der 12. Stunde an bis zum 3. Tag

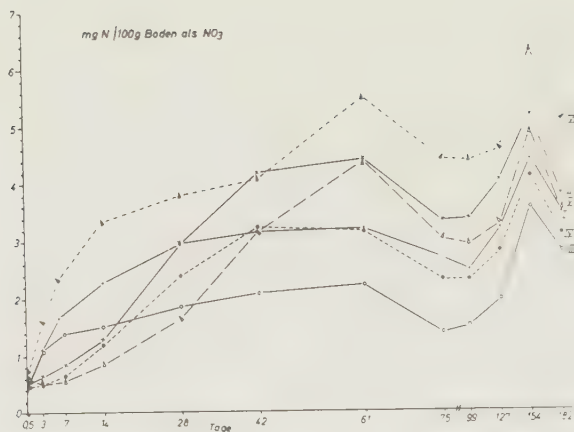


Abb. 16 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stalldunges auf den Nitratgehalt des Bodens

nahm der Nitratgehalt bei den Varianten Kontrolle (I), Stroh allein (III) und Stalldung (VI) zu, bei den mit UKa gedüngten Varianten (UKa₁ II, Stroh + UKa₁ IV und Stroh + UKa₂ V) jedoch nicht. Daher wurden erst am 3. Tag deutliche Unterschiede gefunden, nämlich, die Stalldungsvariante (VI) wies einen höheren Nitratgehalt auf als die Kontrolle (I) bzw. als Stroh allein (III). Stroh allein (III) zeigte keinen Unterschied gegenüber der Kontrolle. Demgegenüber war der Nitratgehalt des mit UKa gedüngten Bodens (II, IV und V) deutlich niedriger als der der Kontrolle. Weniger steil, aber ständig, nahm der Nitratgehalt vom 3. bis zum 61. Tag bei den Varianten ohne UKa-Düngung (Kontrolle I, Stroh allein III und Stalldung VI) zu. Ein entgegengesetztes Verhalten wurde bei den Varianten mit UKa-Düngung (UKa₁ II, Stroh + UKa₁ IV und Stroh + UKa₂ V) festgestellt, nämlich, ein anfangs wesentlich langsamerer Anstieg bis zum 14. Tag, der danach von einem steilen Anstieg abgelöst

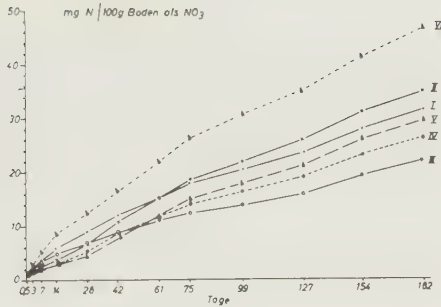


Abb. 17 Einfluß der direkten Anwendung
des Strohs, des Kalkstickstoffs
bzw. des Stalldunges auf den Nitrat-
gehalt im Boden (Summenkurven)

wurde, der bis zum 42. bzw. 61. Tag anhielt. Dieses entgegenge-
setzte Verhalten deutet darauf hin, daß die UKa-Düngung zu einer
Verzögerung der Nitratbildung geführt hat. Aus Abb. 16 sind folgen-
de Beweise abzuleiten:

1. Durch die Düngung mit einfacher UKa-Gabe allein (II) wurden 14 Tage lang niedrigere Nitratmengen gefunden als bei der Kontrolle. Der Ausgleich hat erst am 28. Tag eingesetzt und die stärkere Nitratbildung (gegenüber der Kontrolle) erst am 42. Tag.
2. Die Düngung mit der gleichen UKa-Gabe zu Stroh (IV) führte zu einem niedrigeren Nitratgehalt als Stroh allein (III) bis zum 14. Tag. Am 28. Tag wurden bereits höhere Nitratmengen als bei Stroh allein (III) gefunden, woraus geschlossen werden kann, daß die hemmende Wirkung der UKa-Düngung in einfacher Gabe (II und IV) in den ersten 4 Wochen überwunden worden war.
3. Durch die Verdoppelung der UKa-Gabe zu Stroh (V) wurde die hemmende Wirkung nicht nur verstärkt, sondern auch ihre Dauer verlängert, so daß erst nach 6 Wochen ein höherer Nitratgehalt als bei Stroh allein (III) festgestellt wurde.

4. Länger als 8 Wochen dauerte es, bis die doppelte UKa-Gabe zu Stroh (V) in der Nitratbildung die einfache Gabe zu Stroh (IV) übertraf.

Die aus den Einzelwerten des Nitratgehalts erstellten Summenkurven (Abb. 17) ließen erkennen, daß die Nitratbildung wesentlich langsamer als die Ammoniakbildung vor sich ging. Sie zeigten folgende Rangfolge:

Stalldung (VI) $\gg$ UKa₁ (II) > Kontrolle (I) > Stroh + UKa₂ (V) > Stroh + UKa₁ (IV) > Stroh allein (III).

Aus den beiden Abbildungen 16 und 17 ergibt sich übereinstimmend, daß die Nitratmengen in den mit einfacher bzw. doppelter UKa-Gabe zu Stroh versehenen Gefäße (IV und V) immer niedriger lagen als in den mit einfacher UKa-Gabe allein gedüngten Parallelen (II).

5.2.9 Der Einfluß der verschiedenen Düngungsarten auf die Bodenreaktion (pH) (Abb. 18)

Wie aus Abb. 18 hervorgeht, waren bereits am Anfang große Unterschiede festzustellen. Zu diesem Zeitpunkt zeigte die UKa-Düngung (UKa₁ II, Stroh + UKa₁ IV und Stroh + UKa₂ V) eine wesentlich höhere pH-Zahl als die Kontrolle (I). Stalldung (VI) wies etwa den gleichen Wert auf wie Stroh + UKa₂ (V). Stroh allein (III) zeigte bis zum 7. Tag keine Wirkung gegenüber der Kontrolle. Bis zum 14. Tag sank die Bodenreaktion bei den Varianten ohne UKa-Düngung (I, III und VI) sehr rasch ab, danach blieb sie bis zum 154. Tag mehr oder weniger konstant. Eine Erhöhung der Bodenreaktion durch die Strohgabe allein (III) war erst vom 14. Tag ab zu erkennen und hielt bis zum 154. Tag an. Die Bodenreaktion nahm jedoch bei den mit UKa gedüngten Gefäßen (II, IV und V) wesentlich langsamer ab, so daß bis zum 28. Tag die einfache UKa-Gabe allein (II) eine höhere Bodenreaktion als die Kontrolle (I) bzw. Stroh allein (III) aufwies und die Variante Stroh + UKa₂ (V) bis zum 14. Tag eine höhere Bodenreaktion als Stalldung (VI) zeigte. Die Anhebung der Bodenreaktion durch die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) stellte

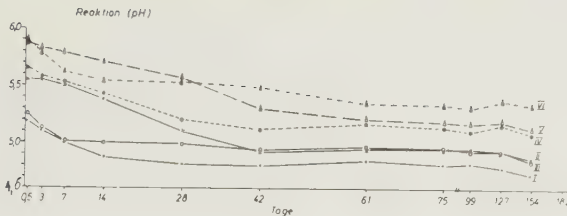


Abb. 18 Einfluß der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stallung auf die Bodenreaktion (pH)

etwa die Summe der durch Stroh allein (III) und die einfache UKa-Gabe allein (II) verursachten Anstiege dar. Die doppelte UKa-Gabe zu Stroh (V) zeigte 42 Tage lang eine höhere Bodenreaktion als die einfache Gabe zu Stroh (IV), danach waren die Unterschiede minimal. Die Bodenreaktion in den mit Stallung versehenen Gefäßen lag vom 42. Tag an am höchsten. Vom 42. bis zum 154. Tag war die Rangfolge wie folgt:

Stallung (VI) $\rangle$ Stroh + UKa₂ (V) $\approx$ Stroh + UKa₁ (IV) $\rangle$
 UKa₁ (II) $\approx$ Stroh allein (III) $\rangle$ Kontrolle (I).

5.3 Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse des Gefäßversuchs ließen folgendes erkennen:

1. Die Streuungen der Ergebnisse des Gefäßversuchs waren im allgemeinen kleiner als bei den Feldversuchen und die unterschiedlichen Wirkungen der verschiedenen Düngungsarten auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens waren deutlicher, ebenso stimmten die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen besser überein.
2. Da bei dem Gefäßversuch die Umweltfaktoren wie Bebrütungstemperatur, Luftfeuchtigkeit, Bodenfeuchte und Bodenart konstant ge-

halten wurden und die Probenahmen in kurzen Zeitabständen erfolgten, konnte die Dynamik der Wirkungen der verschiedenen Düngungsarten auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens erfaßt werden. Allerdings wurde hier der Einfluß der höheren Pflanze nicht untersucht, infolgedessen war eine Übertragung dieser Ergebnisse auf die Verhältnisse in der Praxis nur unter Vorbehalten möglich. Daher schien es notwendig, einen neuen erweiterten Gefäßversuch mit höheren Pflanzen durchzuführen.

Kapitel VI

Gefäßversuch mit höheren Pflanzen (Spinat, Gefäßversuch 2)

Bei der Nachahmung der Verhältnisse des praktischen Landbaues war folgendes zu berücksichtigen:

1. Gleich nach dem Einarbeiten des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stalldunges hängt die Aktivität der Mikroorganismen des Bodens zunächst von der Art der Düngung ab, vorausgesetzt, daß Bodenfeuchte bzw. Temperatur das Wachstum der Mikroorganismen erlauben, was im Spätsommer meistens der Fall ist.
2. Einige Wochen danach treten Algen, Moose und Unkräuter in Erscheinung. Eine Änderung der biologischen Verhältnisse ist durch ihr Wachstum zu erwarten, und zwar so lange, bis die Bodentemperatur jede biologische Aktivität im Boden unterdrückt (Winter).
3. Wird eine Winterfrucht nach dem Einarbeiten des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stalldunges angebaut, dann treten die Pflanzen der angebauten Frucht als ein zusätzlicher biologischer Faktor zu den bereits erwähnten Faktoren (Mikroorganismen, Algen, Moose und Unkräuter) in Wirkung.
4. In der Praxis wird im Frühjahr eine Kopfdüngung mit Stickstoff vorgenommen, die eine Wirkung auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens ausübt.

Die Aufgabe des 2. Gefäßversuchs bestand daher darin, die oben genannten Faktoren, die die Wirkung der direkten Anwendung des Strohs, des Kalkstickstoffs bzw. des Stalldunges auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens beeinflussen, in seine einzelnen Komponenten zu zerlegen. Auf diese Weise kann die Wechselwirkung zwischen den im 1. Gefäßversuch aufgeführten 6 Düngungsarten und den biologischen Faktoren auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens studiert werden.

6.1 Vorbereitung und Versuchsanordnung

Es wurden folgende Maßnahmen getroffen:

1. Im November 1968 wurden die nötigen Bodenmengen für den 2. Gefäßversuch wieder von dem Versuchsfeld "Pitz Kleinseelheim/Marburg" entnommen, und zwar ca. 100 kg Boden aus den einzelnen verschieden gedüngten Parzellen.
2. Die Vorbereitung des Bodens, die Düngungsvarianten, Bebrütungstemperatur, Bodenfeuchte, Luftfeuchtigkeit und schließlich die Methodik der Analysen blieben dieselben wie im 1. Gefäßversuch (vgl. 5.1 unter Ziffern 2 bis 8). Die Faktoren Temperatur ($20 \pm 2^{\circ}\text{C}$), Bodenfeuchte (60 % der MWK) und Luftfeuchtigkeit (ca. 80 %) wurden auch bei dem 2. Gefäßversuch konstant gehalten.
3. Für jede der 6 verschiedenen Düngungsarten wurden 75 Gefäße (je 1000 g feuchter Boden) angesetzt. Die Gefäße (450) der verschiedenen Düngungsarten wurden in 4 Gruppen eingeteilt. Sie unterlagen der Wirkung folgender biologischen Faktoren:
Gruppe a:

Bodenmikroorganismen allein Das wurde dadurch sichergestellt, daß die Gefäße dieser Gruppe mit Pappdeckeln in Höhe von 10 cm abgedeckt wurden. Auf diese Weise wurde eine Verdunkelung erzielt, ohne die Luftzirkulation zu behindern. Gleichzeitig wurde dafür gesorgt, daß Algen, Moose und Unkräuter nicht zur Entwicklung kamen. Die Verhältnisse in dieser Gruppe entsprachen also denen im 1. Gefäßversuch bzw. denen im Felde, gleich nach dem Einarbeiten von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung, bevor Algen, Moose und höhere Pflanzen zur Wirkung kommen.

Gruppe b:

Bodenmikroorganismen, Algen, Moose und Unkräuter Für das Wachsen der im Boden bereits vorhandenen Algen, Moose und Unkräuter wurde dadurch gesorgt, daß die Gefäße dieser Gruppe nicht bedeckt wurden. Nach 45 Tagen, vom Ansetzen des Versuchs an, wurden die Unkräuter entfernt. Die Verhältnisse

in der Zeit bis zum 45. Tag sollten denen des Feldversuchs im Spätsommer bzw. Anfang Herbst angeglichen werden, wenn keine Winterung vorgesehen ist. In der Zeit nach dem 45. Tag sollten die Verhältnisse des Frühjahrs nachgeahmt werden, in denen das Unkraut durch Frost zugrunde gegangen ist.

Gruppe c:

Bodenmikroorganismen, Algen, Moose, Unkräuter und Spinat

Spinat wurde als Anbaufrucht wegen seines schnellen Wachstums gewählt. Die Aussaat (Matador, dunkelgrün) erfolgte zugleich mit der Wiederbefeuchtung des Bodens Anfang Februar 1968. Für die passende Tageslänge bzw. die Lichtstärke wurde durch zusätzliche künstliche Beleuchtung gesorgt. 3 Wochen nach dem Ansetzen wurden die Spinatpflanzen (5 - 7 je Gefäß) auf 2 Pflanzen je Gefäß reduziert. Nach 34 Tagen wurden die Unkräuter entfernt.

Gruppe d:

Bodenmikroorganismen, Algen, Moose, Unkräuter, Spinat und Kopf-

düngung Die Gefäße dieser Gruppe wurden ebenso behandelt wie die der Gruppe c. Der einzige Unterschied bestand darin, daß die Gefäße der Gruppe d eine Kopfdüngung mit Stickstoff in Höhe von 40 kg N/ha in Form von Ammoniumnitrat 55 Tage nach dem Ansetzen erhielten. Die entsprechenden Ammoniumnitratmengen wurden im Gießwasser gelöst.

4. Bodenproben wurden nach der Wiederbefeuchtung des lufttrockenen Bodens an den folgenden Terminen entnommen und untersucht:

Gruppe a: 0, 1, 2, 3, 4, 7, 14, 28, 42, 56, 70 Tage

Gruppe b: 7, 14, 28, 42, 56, 70 Tage

Gruppe c: 14, 28, 42, 56, 70, 84 Tage

Gruppe d: 56, 58, 60, 63, 65, 70, 84 Tage.

5. Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

Gegenstand	Bezeichnung
A. Wassergehalt	W.G. %
B. Dehydrogenaseaktivität (TTC-Reduktion)	DHA γ TPF/10 g Boden
C. CO ₂ -Entwicklung mit dem URAS	$\leq$ PPM $\checkmark$ CO ₂ , 4-23 St./100 g Boden
D. Nitratgehalt	NO ₃ ⁻ mg N/100 g Boden
E. Ammoniakgehalt	NH ₄ ⁺ mg N/ 100 g Boden
F. Wasserstoffionen-Konzentration	pH
G. <u>Keimzählung:</u>	
a) Gesamtkeimzahl (Bakterien) auf Bodenextrakt-Agar	Mill/g Boden
b) Zahl der Zellulosezersetzer in Omelianski-Röhrchen	Tausend/g Boden
c) Zahl der Azotobacter-Zellen auf Mannit-Agar	Tausend/g Boden

6. Die Bezeichnungen der erstellten Kurven sind die gleichen wie im 1. Gefäßversuch (vgl. Abb. 1).

6.2 Beschreibung des Wachstums der Algen, Moose, Unkräuter und Spinatpflanzen

6.2.1 Gruppe a:

Einige Tage nach dem Ansetzen des Versuchs keimten bereits einige Unkräuter aus, die allerdings nach ca. 1 Woche wegen der Verdunkelung zugrunde gingen. Ein Wachstum der Algen und Moose war mit bloßen Augen nicht zu erkennen.

6.2.2 Gruppe b:

Die Unkräuter keimten hier auch sehr schnell aus, und zwar 4 - 5 Tage nach Ansetzen des Versuchs. Sie wuchsen unterschiedlich schnell, ihre Dichte war auch von der Düngungsart abhängig, und zwar wie folgt:

UKa₁ (II) $\geq$ Stroh + UKa₂ (V) $>$ Stroh + UKa₁ (IV) $>$
Kontrolle (I) $>$ Stroh allein (III) $\gg$ Stalldung (VI).

Sie bestanden überwiegend aus Vogelmiere (Stellaria Sp.) und aus Windhalm (Apera Sp.). Algen und Moose verhielten sich etwa wie die Unkräuter, allerdings waren sie erst nach ca. 2 Wochen mit bloßem Auge sichtbar. Ihre Wachstumsdichte zeigte in Abhängigkeit von der Düngungsart folgendes Bild:

$UKa_1 \text{ (II)} \geq \text{Stroh} + UKa_2 \text{ (V)} \geq \text{Stroh} + UKa_1 \text{ (IV)} \geq \text{Stalldung (VI)} \geq \text{Stroh allein (III)} > \text{Kontrolle (I)}.$

6.2.3 Gruppe c:

Die Spinatsamen keimten erst nach 8-14 Tagen, also etwas später als die Unkräuter (3-5), aus. Letztere wuchsen schneller als die Spinatpflanzen. Ihre Zahlen waren hier aber wesentlich niedriger als bei Gruppe b, allerdings waren die gleichen Arten von Unkräutern vertreten und die Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf ihre Wachstumsdichte blieb die gleiche wie bei Gruppe b. Das traf auch auf die Algen und Moose zu. Die Spinatpflanzen zeigten je nach Düngungsart ein unterschiedliches Wachstum. Am besten war ihr Wachstum in dem mit Stalldung versehenen Boden (VI) und am schwächsten bei Stroh allein (III). Die Wachstumsstärke des Spinats war, in Abhängigkeit von der Düngungsart, wie folgt einzuordnen:

$\text{Stalldung (VI)} > \text{Stroh} + UKa_2 \text{ (V)} > UKa_1 \text{ (II)} > \text{Stroh} + UKa_1 \text{ (IV)} > \text{Kontrolle (I)} > \text{Stroh allein (III)}.$

6.2.4 Gruppe d:

Algen, Moose, Unkräuter und Spinat verhielten sich in den ersten 55 Tagen (vor der Kopfdüngung mit Stickstoff) ebenso wie bei Gruppe c. Die Unkräuter wurden bereits 24 Tage vor der Kopfdüngung entfernt. Mit bloßem Auge konnte keine Wirkung der Kopfdüngung auf Algen und Moose festgestellt werden. Die Unterschiede zwischen Düngungsart und Wachstumsstärke des Spinats blieben dieselben wie bei Gruppe c.

6.3 Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 18-54 und in den Tabellen 9-14 wiedergegeben.

6.3.1 Die Wirkung der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung unter dem Einfluß der verschiedenen biologischen Faktoren auf die Dehydrogenaseaktivität (DHA) des Bodens (Abb. 19-24 und Tab. 9)

Wie bereits erwähnt wurde, ist die Gruppe a direkt mit dem 1. Gefäßversuch vergleichbar. Daher war es nicht überraschend, daß die DHA-Kurven des 1. Gefäßversuchs (Abb. 2) und der Gruppe a des 2. Gefäßversuchs (Abb. 19) parallel liefen. Obwohl die DHA-Werte des 2. Versuchs deutlich höher als die des 1. Gefäßversuchs lagen, zeigten sie die gleichen Wirkungen der verschiedenen Düngungsarten auf die DHA und stützen damit die aus dem 1. Gefäßversuch gezogenen Schlußfolgerungen, nämlich:

1. Die Wiederbefeuchtung des lufttrocken gelagerten Bodens führte zu einer Förderung seiner DHA.
2. Diese Förderung erreichte innerhalb der ersten 7 Tage ihr Maximum, danach nahm sie allmählich ab.
3. Die Düngung mit Kalkstickstoff (UKa_1) in Höhe von 60 kg N/ha (II) förderte die DHA des Bodens gegenüber der Kontrolle, auch wenn diese Förderung nur am Anfang deutlich und nicht sehr groß war.
4. Die Zufuhr von Getreidestroh allein (III) zeigte eine stärkere und länger anhaltende Förderung als UKa_1 (II).
5. Durch die Düngung mit der einfachen UKa -Gabe zu Stroh (IV) wurde die fördernde Wirkung des Strohs gesteigert.
6. Die doppelte UKa -Gabe zu Stroh (V) zeigte zwar eine stärkere DHA als die einfache Gabe (IV), jedoch erreichte die Gabe von 120 kg N/ha nicht die gleiche Intensität der Zunahme der DHA wie von 60 kg N/ha gegenüber Stroh allein (III).
7. Durch die Düngung mit Stalldung (VI) wurde die stärkste Förderung der DHA erzielt.
8. Die Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf die DHA des Bodens zeigte folgende Rangfolge:
Stalldung (VI) $\gg$ Stroh + UKa_2 (V) $>$ Stroh + UKa_1 (IV) $>$ Stroh allein (III) $>$ UKa_1 (II) $>$ Kontrolle (I).

Abb. 19

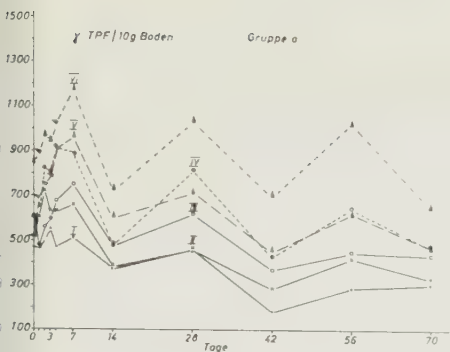


Abb. 20

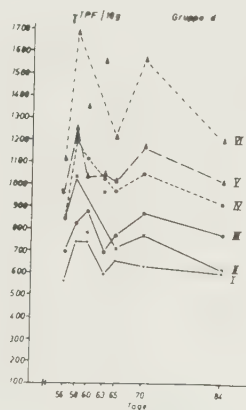
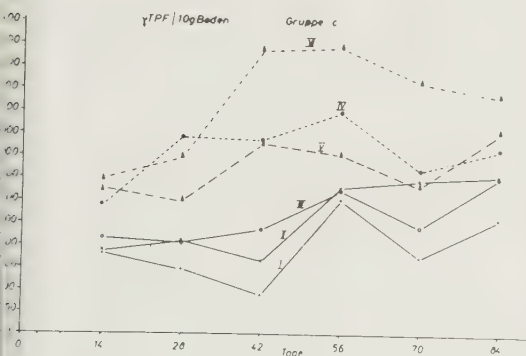
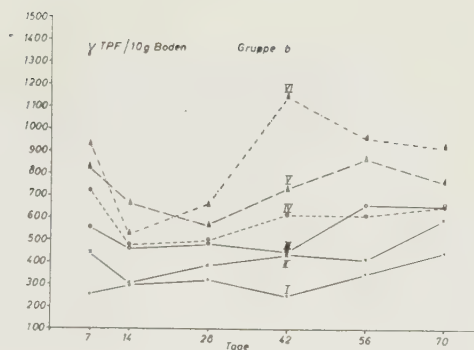


Abb. 21

Abb. 22

Abb. 19-22

Einfluß der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung in Verbindung mit den verschiedenen biologischen Faktoren auf die Dehydrogenaseaktivität des Bodens (DHA)

Gruppe a: Bodenmikroorganismen allein

Gruppe b: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter

Gruppe c: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter
+ Spinatpflanzen

Gruppe d: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter + Spinat
+ Kopfdüngung mit 40 kg N/ha als Ammoniumnitrat
nach 55 Tagen.

Um die Wirkung der verschiedenen biologischen Faktoren auf die DHA des Bodens leichter miteinander vergleichen zu können, wurden die DHA-Kurven jeder Gruppe integriert und die Integrationswerte (die von den Kurven abgegrenzten Flächen in cm^2) in Tab. 9 zusammengestellt.

Kamen Algen, Moose und Unkräuter neben den Mikroorganismen zur Wirkung (Gruppe b, Abb. 20), dann ergab sich folgendes Bild:

1. Innerhalb der ersten 28 Tage lagen die DHA-Werte bei allen Düngungsvarianten niedriger als bei Gruppe a (Mikroorganismen allein).
2. Danach wurden bei allen Varianten höhere Werte als bei Gruppe a mit dem Unterschied ermittelt, daß die DHA bei Gruppe b vom 14. Tag an eine zunehmende, aber bei Gruppe a eine abnehmende Tendenz, zeigte.
3. Die Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf die DHA kam bei Gruppe b noch deutlicher als bei Gruppe a zum Ausdruck, allerdings war die überlegene Wirkung der einfachen UKa-Gabe zu Stroh (IV) gegenüber Stroh allein (III), die bei Gruppe a festzustellen war, nicht nachzuweisen. Demgegenüber führte die doppelte UKa-Gabe zu Stroh (V) bis zum Versuchsende zu deutlich höheren DHA-Werten als die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV), was bei Gruppe a vom 14. Tag an nicht mehr der Fall war. Der Stalldung (VI) lieferte zwar auch bei Gruppe b die höchsten DHA-Werte, jedoch war der Abstand zu den anderen Düngungsarten (z.B. Stroh + UKa₂ V) geringer als bei Gruppe a.

Bei Gruppe c, die zusätzlich die Wirkung des Spinats umfaßte (Abb. 21) ergab sich ein drittes Bild, nämlich:

1. Vom 14. bis zum 28. Tag wurden bei Gruppe c entweder etwa die gleichen DHA-Werte wie bei Gruppe a (Kontrolle I, Stroh allein III, Stroh + UKa₂ V und Stalldung VI) oder höhere Werte als bei Gruppe a (UKa₁ II und Stroh + UKa₁ IV) gefunden. Bei Gruppe c wurden mehr oder weniger höhere DHA-Werte als bei Gruppe b ermittelt.

T a b e l l e 9

Integrationswerte der DHA-Kurven (Abb. 19-22) der 6 Dingugaarten unter Mitwirkung der biologischen Faktoren (Gruppen a, b, c, d, u. o.)
(Integrationswerte = die von den Kurven gegenüber der Abzisse abgegrenzten Flächen in cm²)

Varianten	Zeitraum											
	14.-20. Tag			20.-22. Tag			22.-26. Tag			26.-30. Tag		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
I ohne Stroh, ohne "	47,5	29,1	45,5	30,8	25,6	32,6	18,9	27,7	54,6	27,7	41,7	66,5
										124,7	124,1	159,2
										100,0	73,1	175,7
										100,0	100,0	100,0
II ohne Stroh + Stroh 1	44,5	34,5	55,0	37,8	43,4	58,5	35,4	45,5	69,0	38,5	56,7	94,9
										156,2	179,7	271,4
										100,0	115,0	175,6
										100,0	144,8	152,5
III Stroh ohne "	62,7	52,7	78,8	55,5	57,7	61,6	43,4	63,7	78,1	48,0	78,1	79,7
										202,4	251,6	376,2
										100,0	120,2	152,6
										167,9	202,9	252,6
IV Stroh + Stroh 1	80,2	54,5	101,9	73,2	64,1	122,5	61,3	72,1	130,6	64,1	74,6	121,9
										278,8	265,1	476,3
										100,0	95,1	171,1
										223,6	213,0	252,6
V Stroh + Stroh 2	78,4	72,0	87,7	67,9	77,7	101,9	58,8	98,7	118,0	64,7	100,1	137,7
										267,4	362,3	472,0
										100,0	150,0	184,1
										214,4	261,5	256,8
VI Stallmist	110,6	69,5	104,0	109,2	112,0	144,2	108,5	133,0	178,9	105,0	116,9	169,4
										433,3	431,2	586,3
										100,0	99,5	157,7
										347,5	347,5	259,4

1. Reihe = Flächeninhalt, absolute Zahlen
 2. Reihe = Relativwerte, horizontaler Vergleich
 3. Reihe = Relativwerte, vertikaler Vergleich
 Gruppe a = Gefäße bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen allein
 Gruppe b = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen, Algen, Moosen und Unkräutern
 Gruppe c = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen, Algen, Moosen, Unkräutern und Spinnat
 Gruppe d = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen, Algen, Moosen, Unkräutern und Spinnat und Koyfäugung (40 kg N/ha) am 31. Tag

2. Vom 28. Tag an wurden bei Gruppe c bis zum Versuchsende höhere DHA-Werte als bei Gruppe b bzw. wesentlich höhere Werte als bei Gruppe a ermittelt, und zwar bei allen Düngungsvarianten. Allerdings waren infolge der durch die verschiedenen biologischen Faktoren hervorgerufenen Unterschiede bei der Düngungsvariante Stroh allein (III) weniger deutlich als bei den anderen Düngungsarten.
3. Durch das intensivere Wachstum der höheren Pflanzen bei Gruppe c gegenüber Gruppe b, die durch das Wachsen des Spinats bedingt war, konnte die überlegene Förderung der DHA durch Strohgabe allein (III) gegenüber UKa₁ (II) nicht mehr nachgewiesen werden. Weiterhin förderte die einfache UKa-Gabe zu Stroh (IV) die DHA deutlich stärker als die doppelte Gabe (V).
4. Der Stalldung (VI) lieferte wieder die höchsten DHA-Werte.

Die Kopfdüngung mit 40 kg N/ha als Ammoniumnitrat (Gruppe d, Abb. 22) führte am ersten Tag nach der Düngung zu einer Abnahme der DHA-Werte (vgl. Gruppe c). Diese Abnahme wurde von einer starken Zunahme innerhalb der darauffolgenden 2 Tage abgelöst, wobei die höchsten DHA-Werte aller Varianten des 2. Gefäßversuchs nachgewiesen wurden. Danach nahmen die Werte bei allen Düngungsvarianten mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ab. Die stärkste Förderung der DHA durch die Kopfdüngung wurde bei den Varianten Stroh + UKa₂ (V), Stroh allein (III) und Kontrolle (I) festgestellt (siehe Tab. 9 letzte Spalte).

Aus den Einzelwerten der DHA wurden Summenkurven erstellt (Abb. 23 und 24). Für die Summenkurven der Gruppe d wurden die DHA-Werte, nach 0,5 und nach 3 Tagen aus Gruppe a, nach 7 Tagen aus Gruppe b, nach 14, 28 und 42 Tagen aus Gruppe c und nach 56 und 70 Tagen aus Gruppe d verwendet. Die Summenkurven der Ergebnisse der übrigen Untersuchungen (CO₂-Entwicklung, Gesamtkeimzahlen, Zahl der Zellulosezerersetzer, Nitrat und Ammoniak) unter Gruppe d wurden auf die gleiche Weise gewonnen wie bisher. Wie aus den Abb. 23 und 24 hervorgeht, sind folgende Schlußfolgerungen abzuleiten:

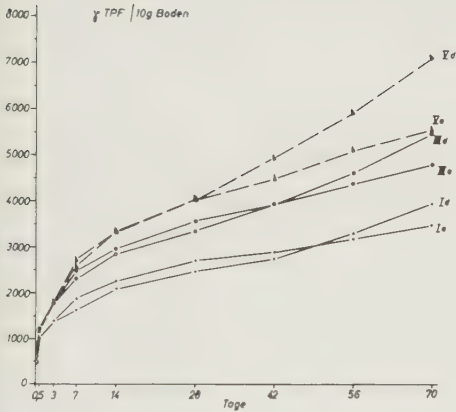


Abb. 23

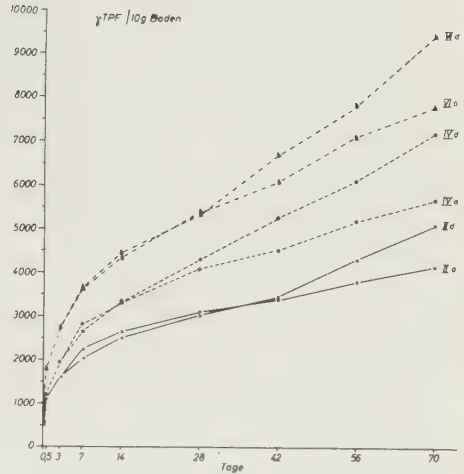


Abb. 24

Einfluß der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stallung auf die Dehydrogenaseaktivität des Bodens (Summenkurve).

Gruppe a: Bodenmikroorganismen allein

Gruppe d: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter
+ Spinat + Kopfdüngung (40 kg N/ha am 55. Tag)

1. Die Dehydrogenaseaktivität des Bodens ist hauptsächlich ein Werk der Bodenmikroorganismen allein (vgl. die Kurven a und d der verschiedenen Düngungsvarianten I - VI).
2. Die Einflüsse der verschiedenen Düngungsarten (I - VI) auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens können in Gefäßversuchen mit Hilfe der DHA-Werte reproduzierbar festgestellt werden (vgl. DHA-Summenkurven des 1. Gefäßversuchs, Abb. 3 mit den DHA-Summenkurven des 2. Gefäßversuchs, Gruppe a, Abb. 23 und 24).

3. Eine Abnahme der DHA infolge des Wachsens von Algen, Moosen und höheren Pflanzen (Gruppe d) war am Anfang des Versuchs bei allen Düngungsvarianten - außer Stalldung (VI) - festzustellen.
4. Diese Verminderung der DHA war bei den Varianten ohne Zufuhr von organischer Substanz (Kontrolle I, UKa₁ II) bzw. bei der Variante Stroh allein (III) stärker oder hielt länger an als bei den Varianten mit Stroh und N-Ausgleichsdüngung (Stroh + UKa₁, IV und Stroh + UKa₂, V).
5. Eine Förderung der DHA durch die Entwicklung von Algen, Moosen und höheren Pflanzen war bereits am 42. Tag, also vor der Kopfdüngung, bei den mit Stroh + N-Ausgleichsdüngung (Stroh + UKa₁, IV und Stroh + UKa₂, V) bzw. mit Stalldung (VI) versehenen Versuchsgliedern deutlich feststellbar. Bei den Varianten Kontrolle (I), UKa₁ (II) und Stroh allein (III) war dagegen der Nachweis einer solchen Förderung erst nach der Kopfdüngung möglich.
6. Weiterhin hat die Kopfdüngung vom 56. bis zum 70. Tag die Förderung der DHA durch das Wachsen von Algen, Moosen und Spinat verstärkt, und zwar bei allen Düngungsvarianten, außer bei UKa₁ (II). Allerdings war diese Verstärkung bei den Düngungsvarianten größer, die eine organische Düngung erhalten hatten (Stalldung, VI; Stroh + UKa₂, V; Stroh + UKa₁, IV und Stroh allein III), und zwar war sie bei Stroh allein (III) relativ größer als bei Stroh + UKa-Düngung (beide Gaben IV und V).
7. Die Rangfolge der Förderung der DHA bei den verschiedenen Düngungsarten wurde durch das Wachsen von Algen, Moosen und höheren Pflanzen bzw. durch die Kopfdüngung nicht beeinflusst. Sie war folgende:
Stalldung (VI) $\gg$ Stroh + UKa₂ (V) $\geq$ Stroh + UKa₁ (IV) $\gg$
Stroh allein (III) $\gg$ UKa₁ (II) $>$ Kontrolle (I).

6.3.2 Die Wirkung der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung unter dem Einfluß der verschiedenen biologischen Faktoren auf die CO_2 -Entwicklung im Boden (Abb. 25-30 u. Tab. 10)

Die CO_2 -Entwicklung des Bodens in den bedeckten Gefäßen (Gruppe a), in denen die Bodenmikroorganismen einzig und allein der Wirkung der verschiedenen Düngungsarten unterworfen waren bzw. in denen die CO_2 -Entwicklung den mikrobiellen Abbau der im Boden vorhandenen abbaubaren organischen Substanzen ausschließlich zuzuschreiben ist, ließ folgenden Ablauf erkennen (siehe Abb. 25):

1. Die stärkste CO_2 -Entwicklung wurde bereits in den ersten 24 Stunden nach der Wiederbefeuchtung des lufttrocken gelagerten Bodens gemessen, und zwar bei den Varianten Stalldung (VI), Stroh + UKa_2 (V), UKa_1 (II) und Kontrolle (I). Die CO_2 -Entwicklung des mit Stroh (III) bzw. mit Stroh + UKa_1 (IV) versehenen Bodens war am 7. Tag etwas stärker als am Anfang des Versuchs.
2. Die verschiedenen Düngungsarten führten bereits in den ersten 24 Stunden zu einer unterschiedlichen CO_2 -Entwicklung. Die mit organischer Substanz gedüngten Böden (Stalldung VI, Stroh + UKa_2 V, Stroh + UKa_1 IV und Stroh allein III) produzierten mehr CO_2 als der unbehandelte (Kontrolle I) bzw. mit UKa_1 gedüngte Boden (II). Obwohl die Düngung mit UKa_1 (II) zu einer höheren CO_2 -Entwicklung als die Kontrolle (I) führte, zeigte die Zugabe der gleichen UKa -Gabe zu Stroh (IV) keine Wirkung gegenüber Stroh allein (III). Die doppelte UKa -Gabe zu Stroh (V) wies dagegen eine höhere CO_2 -Entwicklung als Stroh allein (III) auf. Der Stalldung (VI) führte zu der höchsten CO_2 -Entwicklung.
3. Die CO_2 -Entwicklung nahm bei allen Düngungsvarianten bis zum 3. Tag mehr oder weniger schnell ab, so daß Stalldung (VI) nur noch einen etwas höheren CO_2 -Wert als Stroh allein (III) aufwies und die UKa -Düngung allein (II) keine Wirkung gegenüber der Kontrolle (I) zeigte. Zu diesem Zeitpunkt führte die einfache UKa -Gabe zu Stroh (IV) zu einer höheren und die doppelte Gabe (V) zu einer weiteren Steigerung der CO_2 -Entwicklung.

Abb. 25

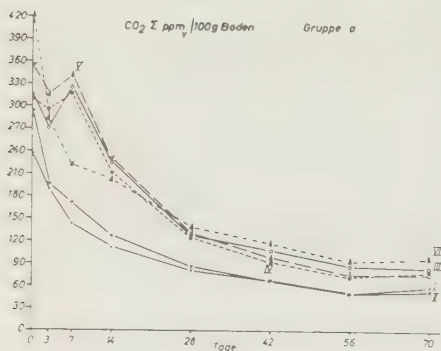


Abb. 26

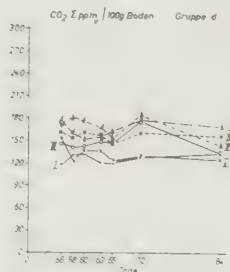
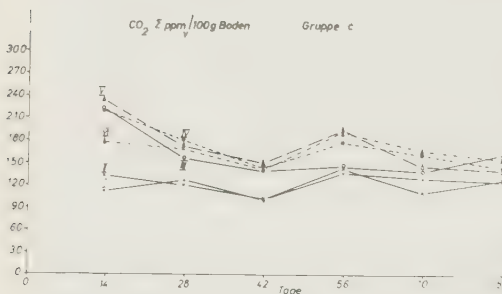
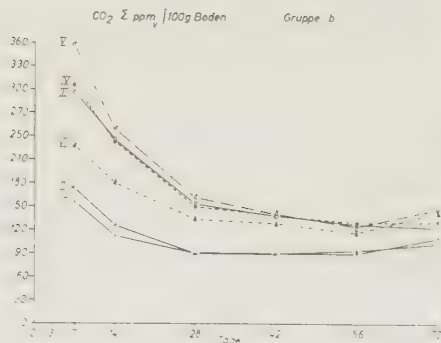


Abb. 27

Abb. 28

Abb. 25-28 Einfluß der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung in Verbindung mit den verschiedenen biologischen Faktoren auf die CO₂-Entwicklung im Boden

- Gruppe a: Bodenmikroorganismen allein
- Gruppe b: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter
- Gruppe c: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter + Spinat
- Gruppe d: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter + Spinat + Kopfdüngung

mit 40 kg N/ha als Ammoniumnitrat nach 55 Tagen

4. Vom 3. bis zum 7. Tag nahm die CO_2 -Entwicklung bei den Varianten Stallung (VI), UKa_1 (II) und Kontrolle (I) weiter ab, dagegen nahm sie bei dem mit Stroh versehenen Boden stark zu. Dabei war die fördernde Wirkung der UKa -Düngung zu Stroh gegenüber Stroh allein (III) nur noch bei der doppelten Gabe (V) erkennbar.

5. Vom 7. Tag an nahmen die CO_2 -Werte bei den Versuchsgliedern mit Stroh (Stroh + UKa_2 V, Stroh + UKa , IV und Stroh allein, III) sehr stark ab, so daß nach dem 14. Tag der wesentliche Unterschied nur noch darin bestand, daß die mit organischer Substanz gedüngten Böden (VI, V, IV und III) höhere CO_2 -Werte als die Böden ohne organische Düngung (II und I) aufwiesen, und zwar bis zum Versuchsende. Trotzdem ist zu beachten, daß kleine, aber lang anhaltende Unterschiede zwischen den Varianten mit organischer Düngung (VI, V, IV und III) vom 42. bis zum 70. Tag auftraten. Während dieser Zeit wurden bei Stroh allein (III) höhere CO_2 -Werte als bei Stroh + UKa (beide Gaben IV und V) ermittelt und der Stallung (VI) wies noch höhere CO_2 -Werte als Stroh allein (III) auf.

Die Ergebnisse der CO_2 -Entwicklung des 1. und die von Gruppe a des 2. Gefäßversuchs liefen im allgemeinen parallel (vgl. Abb. 25 mit Abb. 4), abgesehen davon, daß die absoluten CO_2 -Werte des 2. Gefäßversuchs höher lagen als die des 1. Versuchs. Sie stützten damit die Schlußfolgerungen, die aus den Ergebnissen des 1. Gefäßversuchs gezogen wurden, nämlich:

1. Die intensivste Bodenatmung (CO_2 -Entwicklung) ist innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Wiederbefeuchtung des lufttrocken gelagerten Bodens eingetreten.
2. Die mineralische Düngung (UKa_1 II) fördert die Bodenatmung - wenn überhaupt - nur schwach und nur für kurze Zeit (2 Wochen).
3. Die Zufuhr von organischer Substanz verursachte dagegen eine Monate lang anhaltende Förderung der Bodenatmung.
4. Die Düngung mit vorverrotteten pflanzlichen und tierischen Rückständen (Stallung VI) zeigt in den ersten 4 Wochen eine geringere Förderung der Bodenatmung als die unverrotteten (Stroh III, IV, V).

5. Eine N-Ausgleichsdüngung (UKa) zu Stroh (IV und V) beschleunigte seinen Abbau und verursachte dadurch eine stärkere Bodenatmung, allerdings war die Dauer dieser Wirkung relativ kurz (3-7 Tage bei der einfachen UKa-Gabe zu Stroh IV und 14-28 Tage bei der doppelten Gabe V). Demzufolge nimmt die Intensität der CO_2 -Entwicklung des mit Stroh + UKa gedüngten Bodens (IV und V) nach den ersten 4 Wochen relativ schneller ab als bei dem mit Stroh allein versehenen Boden (III), so daß die Bodenatmung bei Stroh allein (III) während dieser Zeit etwas stärker als bei Stroh + N-Düngung (IV und V) war.

Wurde die Möglichkeit gegeben, daß Algen, Moose und Unkräuter neben den Mikroorganismen zur Wirkung kamen (Geräte nicht bedeckt, Gruppe b, Abb. 26), dann ergab sich folgendes Bild:

1. Am 7. Tag - also 2 bis 3 Tage nach der Auskeimung der Unkräuter bzw. etwa eine Woche bevor das Wachsen von Algen und Moosen mit bloßen Augen erkennbar war - waren im Vergleich zu Gruppe a (Mikroorganismen allein) die CO_2 -Werte unter Gruppe b nur bei Kontrolle (I), Stroh + UKa₂ (V) etwas höher, bei UKa₁ (II) und Stalldung (VI) etwa gleich, bei Stroh + UKa₁ (IV) etwas niedriger und bei Stroh allein (III) deutlich niedriger.
2. Danach nahm die CO_2 -Entwicklung bei Gruppe b vom 7. bis zum 28. Tag, und zwar bei allen Düngungsvarianten, mehr oder weniger stark ab. Die Abnahme war allerdings bei Gruppe b deutlich kleiner als bei Gruppe a, so daß bereits vom 14. Tag an eine bei Gruppe b stärkere CO_2 -Entwicklung als bei Gruppe a ermittelt wurde.
3. Vom 28. Tag an bis zum Ende des Versuchs blieb die CO_2 -Entwicklung im Gegensatz zu Gruppe a zunächst konstant und stieg dann wieder etwas an (Kontrolle I und UKa₁ II) oder nahm bis zum 50. Tag weiter, aber wesentlich langsamer ab als bei Gruppe a (Stroh allein III, Stroh + UKa₁ IV, Stroh + UKa₂ V und Stalldung VI).
4. Etwa 4 Wochen, nachdem die Unkräuter am 45. Tag entfernt worden waren, wurden sowohl bei den Varianten ohne organische Düngung (Kontrolle I, UKa₁ II) als auch in dem mit ververrotteter orga-

nischer Substanz versehenen Boden (Stalldung VI) bzw. in dem Boden, wo die Zersetzung des Stroh durch die doppelte UKa-Gabe beschleunigt wurde (Stroh + UKa₂ V), eine Zunahme der CO₂-Entwicklung ermittelt. Allerdings war eine solche Zunahme bei der Kontrolle (I) kleiner als bei den anderen Varianten. Demgegenüber blieb die CO₂-Entwicklung bei den Varianten Stroh allein (III) und Stroh + UKa₁ (IV) etwa unverändert.

5. Das Wachsen von Algen, Moosen und Unkräutern (Gruppe b) beeinflusste die Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf die CO₂-Entwicklung des Bodens nicht wesentlich (vgl. Abb. 25 und 26 bzw. siehe Tab. 10). Die Wirkung der einfachen UKa-Gabe allein (II) war gegenüber der Kontrolle (I) wie bei Gruppe a sehr gering und verschwand nach 14 Tagen völlig. Die stärkste Förderung der CO₂-Entwicklung im Boden wurde auch hier durch die organische Düngung (Stroh III, Stroh + UKa IV, V und Stalldung VI) ausgelöst. Das unverrottete Stroh (III, IV und V) förderte die Bodenatmung stärker als die vorverrottete organische Substanz (Stalldung VI) und schließlich wirkte die doppelte UKa-Gabe zu Stroh (V) gegenüber Stroh allein (III) stärker fördernd bzw. länger anhaltend als die einfache Gabe (IV).
6. Der Einfluß von Algen, Moosen und Unkräutern (Gruppe b) bestand im wesentlichen darin, daß sie die CO₂-Entwicklung im Boden erhöhten, und zwar bei allen Düngungsvarianten. Außerdem kam die stärker bzw. länger anhaltende, fördernde Wirkung der doppelten UKa-Gabe zu Stroh (V) gegenüber Stroh allein (III) im Vergleich zu der einfachen Gabe (IV) deutlicher zum Ausdruck. Weiterhin konnte die später (vom 28. Tag an) einsetzende stärkere Bodenatmung bei Stroh allein (III) als bei Stroh + UKa₂ (V), die unter Gruppe a (Abb. 25) festgestellt wurde, nicht nachgewiesen werden. Der Stalldung (VI), der sich bei Gruppe a ebenso wie Stroh allein (III) verhielt, und nach dessen Unterbringung die Unkräuter am schlechtesten und die Algen und Moose nur mäßig wuchsen, zeigte bis zum Versuchsende sogar niedrigere CO₂-Werte als Stroh + UKa₂ (V).

Die CO_2 -Entwicklung im Boden in den Gefäßen der Gruppe c (Abb. 27) wurde neben den unter Gruppe b besprochenen biologischen Faktoren (Algen, Moose und Unkräuter) von den Spinatpflanzen beeinflusst. Durch die Gegenüberstellung der CO_2 -Kurven der Gruppen b (Abb. 26) und c (Abb. 27), die in Tab. 10¹⁾ dargestellt wurde, konnte der Einfluß des Wachstums von Spinat - als Anbaufrucht - auf die Wirkung der verschiedenen Düngungsvarianten auf die Bodenatmung isoliert gezeigt werden. Demzufolge wurden am 14. Tag - einige Tage nach der Auskeimung des Spinats - sowohl die absoluten Werte der CO_2 -Entwicklung im Boden als auch die Rangfolge der verschiedenen Düngungsarten in ihrer Wirkung, die zu diesem Zeitpunkt bei Gruppe b ermittelt wurde, unwesentlich verändert. Erst etwa 2 Wochen nach der Auskeimung - vom 28. Tage an - kam seine Wirkung in den Zahlen zum Ausdruck und blieb bis zum Ende des Versuchs erhalten. Es wurden folgende Ergebnisse erzielt:

1. Das Wachstum des Spinats führte zu einer unterschiedlich starken Intensivierung der Bodenatmung.
2. Eine solche Wirkung war bei den Düngungsvarianten Stalldung (VI), UKa_1 (II) und Kontrolle (I) am stärksten und bei Stroh + UKa (beide Gaben IV und V) etwas schwächer. In dem mit Stroh allein (III) versehenen Boden zeigte der Spinat nicht nur die schwächste Wirkung auf die Bodenatmung, sondern diese Wirkung setzte auch 4 Wochen später ein als bei den anderen Düngungsvarianten, und zwar erst dann (am 56. Tag), nachdem die Unkräuter am 34. Tag entfernt worden waren.
3. Das Entfernen der Unkräuter am 34. Tag führte 8 Tage danach (am 42. Tag) zunächst zu einer deutlichen Abnahme der CO_2 -Entwicklung, die jedoch 2 Wochen darauf (am 56. Tag) von einer starken Zunahme abgelöst wurde. Diese Zunahme war bei Stalldung (VI) und Stroh + UKa (beide Gaben IV und V) größer als bei UKa_1 (II) bzw. Kontrolle (I), wie es auch bei Gruppe b der Fall war. Der Anstieg bei Stroh allein (III) war auch hier unwesentlich.

1) Aufstellung der Tabelle analog Tab. 9.

T a b e l l e 10

Integrationswerte der CO₂-Kurven (Abb. 25-28) der 6 Dungungsarten unter Mitwirkung der biologischen Faktoren (Gruppen a, b, c und d)
(Integrationswerte = die von den Kurven gegenüber der Abszisse abgegrenzten Flächen in cm²)

Varianten	14.-20.Tag			26.-42.Tag			Zeitabschnitt 42.-70.Tag			70.-84.Tag			14.-70.Tag			Summe		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
I ohne Stroh, ohne N	44,5	47,5	56,0	54,5	42,0	55,6	27,5	42,7	55,7	25,6	45,9	62,0	58,4	151,7	171,2	227,2	121,5	111,7
														100,0	155,1	172,6	100,0	59,4
														100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
II ohne Stroh + Nka 1	49,7	50,4	56,8	55,7	42,0	55,9	27,5	42,0	58,8	23,8	40,0	58,8	61,5	155,2	151,2	222,4	124,1	122,2
														100,0	152,8	172,6	100,0	59,4
														100,0	101,7	111,7	100,0	100,0
III Stroh ohne N	62,6	90,5	88,6	55,0	67,9	69,7	45,5	69,0	66,5	40,3	58,5	65,8	70,2	223,4	278,7	290,6	155,8	141,8
														100,0	124,9	170,5	100,0	100,0
														100,0	169,0	177,1	111,7	111,7
IV Stroh + Uka 1	74,0	89,6	93,1	46,9	87,2	75,6	58,5	82,5	74,9	55,4	80,0	78,8	72,6	135,7	272,7	222,4	142,2	151,7
														100,0	142,9	164,7	100,0	98,5
														148,6	157,2	141,8	122,9	122,9
V Stroh + Uka 2	34,0	55,9	94,9	55,6	70,4	75,5	40,5	62,0	80,2	35,4	64,1	79,7	76,2	213,5	292,4	230,1	142,2	151,7
														100,0	137,1	154,8	100,0	107,7
														162,0	164,4	145,7	120,5	151,7
VI Stallmist	79,8	125,5	82,2	59,9	81,0	75,5	49,0	57,4	75,9	44,5	80,6	85,5	80,2	222,2	253,1	212,2	158,2	151,7
														100,0	108,5	134,2	100,0	99,4
														177,1	142,5	137,7	130,1	131,7

* 1. Reihe = Flächeninhalt, absolute Zahlen

2. Reihe = Relativwerte, horizontaler Vergleich

3. Reihe = Relativwerte, vertikaler Vergleich

Gruppe a = Gefäße bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen allein

Gruppe b = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen, Algen, Moosen und Unkräutern

Gruppe c = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen, Algen, Moosen, Unkräutern und Spinnat

Gruppe d = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen, Algen, Moosen, Unkräutern und Spinnat

4. Die fördernde Wirkung des Spinats auf die Bodenatmung nahm vom 56. bis zum 70. Tag entweder etwas ab (Kontrolle I, Stroh allein III, Stroh + UKa₁ IV und Stalldung VI) oder verschwand völlig (UKa₁, II und Stroh + UKa₂ V).

Die Kopfdüngung (Gruppe d, Abb. 28) führte am 56. Tag - einen Tag nach ihrer Zufuhr - zu einer Verminderung der Bodenatmung (vgl. dazu Abb. 28 mit 27). Eine solche Wirkung war bei den Varianten Kontrolle (I), Stroh + UKa₁ (IV), Stroh + UKa₂ (V) und Stalldung (VI) sehr deutlich, bei Stroh allein (III) dagegen wurde zu diesem Zeitpunkt ein etwas höherer CO₂-Wert gemessen. Nach einer in den darauffolgenden Tagen bei allen Düngungsvarianten (außer bei UKa₁ II und Stroh allein III) anhaltenden Verminderung der CO₂-Entwicklung konnten bei der Kontrolle (I) und Stroh + UKa₁ (IV) erst 4 Wochen nach der Kopfdüngung etwas höhere CO₂-Werte ermittelt werden. Bei den anderen Düngungsvarianten dagegen war diese Wirkung bereits am 70. Tag - 2 Wochen früher - etwas stärker, die jedoch während der darauffolgenden 2 Wochen wieder verschwand (UKa₁ II) oder sogar zu niedrigeren CO₂-Werten führte (Stroh allein III und Stalldung VI). Die Kopfdüngung förderte die Bodenatmung bei Stroh allein (III) am stärksten, aber nur während der ersten 2 Wochen nach ihrer Zufuhr. Ebenso stark war die Förderung bei Stroh + UKa₂ (V), die erst 2 Wochen nach der Kopfdüngung eintrat und während der darauffolgenden 2 Wochen (vom 70. bis zum 84. Tag) anhielt.

Werden die relativen Einflüsse der biologischen Faktoren (Gruppen a, b, c und d) als Gesamtheit vom 14. bis zum 70. Tag (Gruppen a, b und c) bzw. vom 56. bis zum 84. Tag (Gruppen c und d) betrachtet (Tab. 10, letzte 2 Spalten, horizontaler Vergleich), dann kommt man zu den folgenden **Schlußfolgerungen**:

1. Kamen die Unkräuter, Algen und Moose (Gruppe b) zur Entwicklung, dann wurde die CO₂-Produktion des Bodens, unabhängig von der Düngungsart, auf etwa 1/3 des von den Bodenmikroorganismen allein (Gruppe a) abgegebenen CO₂ gesteigert. Allerdings war diese Steigerung bei Stroh allein (III) etwas kleiner (etwa 1/4) und bei Stalldung (VI) dann, wenn die Unkräuter kaum bzw. Algen und Moose schwach wuchsen, wesentlich kleiner.

2. Eine zusätzliche Steigerung erfuhr die CO_2 -Entwicklung durch das Wachsen des Spinats (Gruppe c), die jedoch, je nach der Düngungsart, recht unterschiedlich war. Während bei der Kontrolle (I) und UKa_1 (II) die Steigerung am größten war (nochmaliger Anstieg um ca. $1/3$ gegenüber Gruppe a), führte das Wachsen des Spinats bei Stroh allein (etwa $1/20$) zu keiner bedeutenden Steigerung. Sie nahm bei Stroh + UKa (beide Gaben IV und V) und Stalldung (VI) mit einem Wert von etwa $1/6$ bis $1/4$ eine Mittelstellung ein.
3. Im Vergleich zu Gruppe c führte die Kopfdüngung hier zu keiner deutlichen Steigerung der CO_2 -Entwicklung, und zwar bei allen Düngungsvarianten.
4. Demzufolge konnten die biologischen Faktoren nach ihrer Förderung der CO_2 -Entwicklung im Boden bei den 6 Düngungsvarianten wie folgt eingeordnet werden:

Düngungsart	Rangfolge der biologischen Faktoren
I ohne Stroh, ohne N	$d = c > b > a$
II ohne Stroh, + UKa_1	$d = c > b > a$
III + Stroh, ohne N	$d = \underline{c = b} > a$
IV + Stroh, + UKa_1	$d = c > b > a$
V + Stroh, + UKa_2	$d = c > b > a$
VI Stalldung	$d = c > \underline{b = a}$

Werden die Integrationswerte der CO_2 -Kurven (Tab. 10) aber aus der Perspektive der Düngungsarten betrachtet (die beiden letzten Spalten von Tab. 10 im vertikalen Vergleich), dann kommt man zu folgenden Schlußfolgerungen:

1. Die Kalkstickstoffdüngung allein (UKa_1 II) übte unabhängig von den biologischen Faktoren keine bedeutende Wirkung auf die CO_2 -Entwicklung im Boden im Vergleich zu Kontrolle (I) aus.
2. Bis zu einem gewissen Grade war auch die starke Förderung der CO_2 -Entwicklung durch die organische Düngung von den biologischen Faktoren unabhängig, wie aus der Rangfolge hervorgeht:

Gruppe

Rangfolge der Düngungsvarianten

- | | | | |
|---|---------------------------------------|--|--|
| a | 1.) Stalldung (VI) $\geq$ | 2.) Stroh allein (III) $\geq$ | 3.) Stroh+UKa ₂ $>$ |
| | 4.) Stroh+UKa ₁ (IV) $\gg$ | 5.) UKa ₁ (II) = | 6.) Kontrolle (I) |
| b | 1.) Stroh+UKa ₂ (V) $\geq$ | 2.) Stroh+UKa ₁ (IV) = | 3.) Stroh allein $>$ |
| | 4.) Stalldung (VI) $\gg$ | 5.) UKa ₁ (II) = | 6.) Kontrolle (I) |
| c | 1.) Stroh+UKa ₂ (V) $\geq$ | 2.) Stroh+UKa ₁ (IV) $\geq$ | 3.) Stalldung (VI) $>$ |
| | 4.) Stroh allein $\gg$ | 5.) UKa ₁ (II) = | 6.) Kontrolle (I) |
| d | 1.) Stalldung (VI) = | 2.) Stroh+UKa ₂ (V) $>$ | 3.) Stroh+UKa ₁ (IV) $\geq$ |
| | 4.) Stroh allein $>$ | 5.) UKa ₁ (II) = | 6.) Kontrolle (I) |

3. In der Zeitspanne vom 14. bis zum 70. bzw. 84. Tag war die intensivste CO₂-Entwicklung bereits zum Abschluß gekommen. Danach wurden die Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten durch die Entwicklung der höheren Pflanzen (Unkräuter und Spinat) kleiner, außerdem traten Änderungen in der Rangfolge ein. Sie zeigte sich darin, daß die CO₂-Entwicklung bei Stroh allein (III), die in Gruppe a an 2. Stelle stand, bei Gruppe d auf die 4. Stelle zurückfiel.

4. Im allgemeinen lag in der Tendenz eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Dehydrogenaseaktivität (DHA) vor.

Um die kollektive Wirkung der Düngungsarten auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens - an Hand der Messung der Bodenatmung - darzustellen, und zwar durch ihre Wirkung einmal auf die Bodenmikroorganismen allein (Gruppe a) und zum zweiten auf die im Felde zusätzlich mitwirkenden biologischen Faktoren (Algen, Moose, Unkräuter und Spinat bzw. Kopfdüngung, Gruppe d) wurden die nötigen Summenkurven aus den Einzelwerten der CO₂-Entwicklung erstellt (Abb. 29 und 30), und zwar in der gleichen Weise wie bei der DHA. Die Summenkurven der CO₂-Entwicklung in den bedeckten Gefäßen (Gruppe a) des 2. Gefäßversuchs (Abb. 29 und 30) liefen erwartungsgemäß parallel zu den Summenkurven des 1. Gefäßversuchs (Abb. 5), obwohl die absoluten CO₂-Werte des 2. Versuchs höher als die des 1. Gefäßversuchs lagen. Sie stützen die aus dem 1. Gefäßversuch gezogenen Schlußfolgerungen insofern, als erstens bei Gruppe a (Mikroorganismen allein) des 2. Gefäßversuchs die organische Düngung (Stalldung

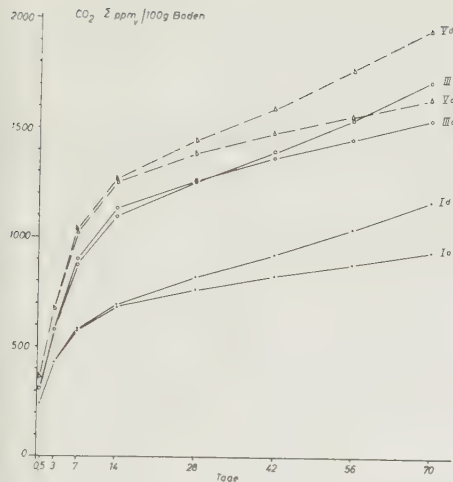


Abb. 29

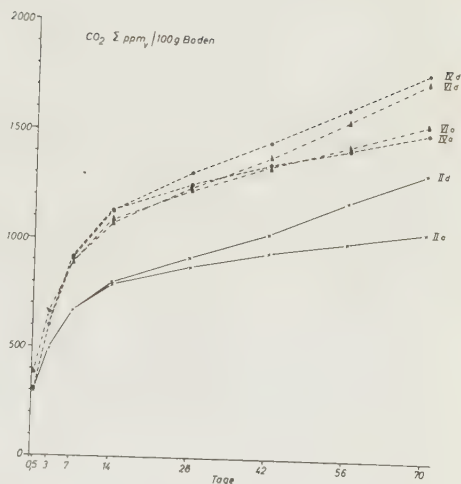


Abb. 30

Einfluß der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stall-
dung auf die CO₂-Entwicklung im Boden (Summenkurven)

Gruppe a: Bodenmikroorganismen allein

Gruppe d: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter + Spinat
+ Kopfdüngung (40 kg N/ha am 55. Tag)

VI bzw. Stroh III, IV und V) die Bodenatmung wesentlich stärker
förderte als die mineralische N-Düngung (UKA, II), zweitens die
fördernde Wirkung der doppelten UKA-Gabe zu Stroh (V) gegenüber
Stroh allein (III) stärker war als die der einfachen Gabe (IV)
und drittens der Stalldung (VI) hier seine überlegene Wirkung ge-
genüber den anderen organischen Düngungsarten (z.B. Stroh + UKA IV
und V), wie es oft bei der DHA der Fall war, nicht zeigte. Demzu-
folge können die Einflüsse der verschiedenen Düngungsarten (I - VI)
auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens in Gefäßversuchen
mit Hilfe der Messung der CO₂-Entwicklung im Boden ebenso eindeutig
festgestellt werden, wie es bei der DHA der Fall war.

Wurden die CO_2 -Summenkurven der Gruppe a (Bodenmikroorganismen allein) mit denen der Gruppe d (Mikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter + Spinat + Kopfdüngung mit N) verglichen (Abb. 29 und 30), dann ergab sich folgendes:

1. Übereinstimmend mit der DHA war die CO_2 -Entwicklung im Boden - unabhängig von der Düngungsart - hauptsächlich der Tätigkeit der Bodenmikroorganismen zuzuschreiben.
2. Eine Abnahme der CO_2 -Produktion infolge des Wachsens von Algen, Moosen und höheren Pflanzen (Gruppe d) war im Gegensatz zu der DHA nur bei Stroh allein (III) nachweisbar. Zum Ausgleich kam es hier erst am 28. Tag, danach trat eine Intensivierung der CO_2 -Entwicklung (am 42. Tag) ein, also etwa 1 Woche nachdem die Unkräuter entfernt worden waren. Bei den anderen Düngungsvarianten dagegen war eine Förderung der Bodenatmung bereits in der 2. Woche feststellbar.
3. Die Förderung der Bodenatmung unter dem Einfluß von Algen, Moosen, Unkräutern und Spinat war bis zum 42. Tag bei den verschiedenen Düngungsvarianten, auf deren Böden ihr Wachstum keine extremen Unterschiede zeigte (Kontrolle I, UKa₁ II, Stroh + UKa₁ IV, Stroh + UKa₂ V), etwa gleich. Die übrigen zwei Düngungsvarianten, auf deren Böden die Algen, Moose und besonders die Unkräuter schwach (Stroh allein III) oder kaum wuchsen (Stalldüngung VI), zeigten während dieser Zeit eine schwächere Förderung, die weiterhin bis zum 70. Tag schwächer blieb.
4. Die N-Kopfdüngung (am 55. Tag) verstärkte die Förderung der Bodenatmung während der darauffolgenden zwei Wochen (56. und 70. Tag), nur bei den Düngungsvarianten UKa₁ (II), Stroh + UKa (beide Gaben IV und V) und Stalldüngung (VI) deutlich, auf deren Böden die Spinatpflanzen gut wuchsen.
5. Die Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf die Bodenatmung wurde in ihrer Rangfolge durch die zusätzlichen Einflüsse der anderen biologischen Faktoren (Algen, Moose, höhere Pflanzen und N-Kopfdüngung) nicht wesentlich beeinflusst, wie es auch bei der DHA der Fall war.

Die Förderung der CO_2 -Entwicklung im Boden durch die Düngungsarten war, wie aus den Abb. 29 und 30 hervorgeht, wie folgt einzuordnen:

1. Gruppe a (Bodenmikroorganismen allein):

Stroh + UKa_2 (V) > Stalldung (VI) = Stroh + UKa_1 (IV) >
Stroh allein (III) >> UKa_1 (II) > Kontrolle (I)

2. Gruppe d (Bodenmikroorganismen, Algen, Moose, Unkräuter, Spinat und N-Kopfdüngung):

Stroh + UKa_2 (V) > Stroh + UKa_1 (IV) > Stalldung (VI) >
Stroh allein (III) >> UKa_1 (II) > Kontrolle (I).

6.3.3 Die Wirkung der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung unter dem Einfluß der verschiedenen biologischen Faktoren auf die Gesamtkeimzahlen im Boden (Abb. 31 bis 36 und Tab. 11)

Übereinstimmend mit DHA und der CO_2 -Entwicklung liefen die Kurven der Gesamtkeimzahlen in den bedeckten Gefäßen (Gruppe a) des 2. Gefäßversuchs (Abb. 31) erwartungsgemäß parallel zu denen des 1. Versuchs (Abb. 6). Obwohl die in den Böden der Gruppe a des 2. Gefäßversuchs gefundenen Gesamtkeimzahlen höher als die des 1. Versuchs waren, und zwar bei allen Düngungsvarianten, stützten sie doch die aus den Gesamtkeimzahlen des 1. Gefäßversuchs gezogenen Schlußfolgerungen, wie folgt:

1. Die Wiederbefeuchtung führte während der ersten 2 Wochen bei allen Düngungsvarianten zu einem starken Anstieg der Gesamtkeimzahlen auf über das 2-6-fache. Nachdem das Maximum am 14. Tag erreicht worden war, nahmen die Keimzahlen bei allen Varianten während der darauffolgenden 2 Wochen (bis zum 28. Tag) sehr stark ab und blieben bis zum Versuchsende fast unverändert.
2. Am Anfang des Versuchs (1 Stunde nach der Wiederbefeuchtung) zeigten die Gesamtkeimzahlen keine deutliche Wirkung der verschiedenen Düngungsarten.
3. Die Stärke des durch die Wiederbefeuchtung des Bodens hervorgerufenen Anstiegs der Keimzahlen war von der Düngungsart abhängig.

Abb. 31

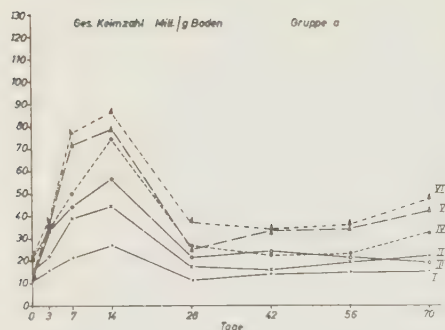


Abb. 32

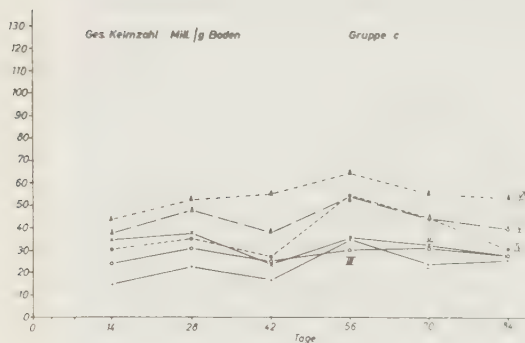
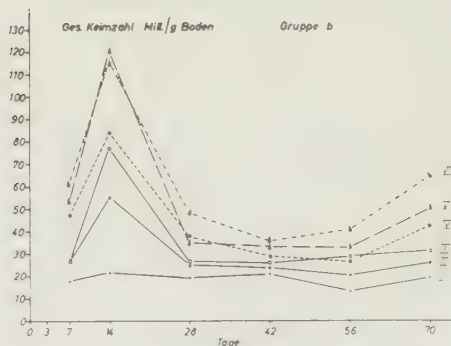


Abb. 33

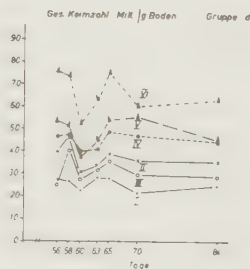


Abb. 34

Abb. 31-34

Einfluß der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stallung in Verbindung mit den verschiedenen biologischen Faktoren auf die Gesamtkeimzahlen im Boden

- Gruppe a: Bodenmikroorganismen allein
 Gruppe b: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter
 Gruppe c: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter + Spinat
 Gruppe d: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter + Spinat + Kopfdüngung

mit 40 kg N/ha als Ammoniumnitrat nach 55 Tagen

Die organische Düngung (Stroh III, IV und V bzw. Stalldung VI) führte nicht nur zu einem stärkeren Anstieg gegenüber der Kontrolle (I) als die mineralische Düngung (UKa_1 II), sondern ihre Wirkung trat (bereits am 3. Tag) früher ein und hielt länger an (bis zum 70. Tag).

4. Die fördernde Wirkung des Strohs (III) wurde während der ersten 4 Wochen durch die einfache UKa -Gabe (IV) gesteigert. Noch intensiver war die Wirkung der doppelten UKa -Gabe zu Stroh (V), die bis zum Versuchsende (am 70. Tag) anhielt.
5. Der Stalldung (VI) zeigte seine überlegene Wirkung gegenüber Stroh + UKa_2 (V) nur vom 7. bis zum 28. Tag.
6. Eine hemmende Wirkung auf die Bodenbakterien durch die UKa -Düngung sowohl allein (II) als auch in einfacher bzw. doppelter Gabe zu Stroh (IV und V) konnte hier, wie es auch bei der DHA und der CO_2 -Entwicklung der Fall war, im Gegensatz zu älteren Beobachtungen, nicht nachgewiesen werden.
7. Die Dynamik der Wirkungen der Wiederbefeuchtung des lufttrocken gelagerten Bodens bzw. der verschiedenen Düngungsarten auf die DHA, CO_2 -Entwicklung und Gesamtkeimzahl zeigte nicht den gleichen zeitlichen Rhythmus (s. Abb. 19, 25 und 31), denn die maximale CO_2 -Entwicklung erfolgte innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Wiederbefeuchtung des Bodens, während die maximale DHA am 7. und die maximale Gesamtkeimzahl am 14. Tag festgestellt wurden.

Kamen Algen, Moose und Unkräuter zur Wirkung (Gefäße nicht bedeckt, Gruppe b, Abb. 32), dann ergab sich folgendes Bild (vgl. dazu Abb. 31 mit 32 und s. Tab. 11):

1. Am 7. Tag - 2 bis 3 Tage nach der Auskeimung der Unkräuter bzw. etwa eine Woche bevor das Wachsen von Algen und Moosen mit bloßen Augen erkennbar war - wurden in den Böden der Gruppe b niedrigere Gesamtkeimzahlen als in denen der Gruppe a (Gefäße bedeckt, Bodenmikroorganismen allein, Abb. 31) gefunden, und zwar bei allen Düngungsvarianten.

Integrationswerte der Kurven der Gesamtkeimzahlen (Abb. 51-54) der 6 Düngungsarten unter Mitwirkung der biologischen Faktoren (Gruppen a, b, c und d)
(Integrationswerte = die von den Kurven gegenüber der Abzisse abgegrenzten Flächen in cm²)

Varianten	Zeitebschnitt											
	14.-28.Tag			28.-42.Tag			42.-56.Tag			56.-70.Tag		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
I ohne Stroh, ohne N	27,5	28,4	26,3	17,9	28,0	27,3	18,4	24,5	35,7	20,7	23,5	40,6
										84,3	104,4	129,2
										100,0	123,8	154,1
										100,0	100,0	100,0
II Ohne Stroh + Uka 1	43,1	56,0	50,4	23,5	34,3	42,7	24,5	31,2	41,3	26,7	32,6	47,3
										119,8	124,1	181,7
										100,0	126,6	151,7
										142,1	147,6	139,9
III Stroh ohne N	51,1	72,8	38,5	31,9	37,1	39,2	31,9	38,5	38,5	28,4	42,4	45,5
										143,3	190,8	154,3
										100,0	133,1	116,9
										170,0	186,8	12,3
IV Stroh + Uka 1	70,4	85,1	46,2	34,3	46,6	43,4	31,9	38,9	57,1	36,9	48,3	63,4
										173,2	218,9	210,0
										188,0	124,7	12,1
										208,2	208,7	161,1
V Stroh + Uka 2	72,8	108,9	59,9	41,0	48,0	59,9	47,3	46,6	64,1	53,2	58,5	66,9
										214,3	262,0	252,5
										100,0	124,2	111,8
										214,2	251,0	184,4
VI Stallmist	71,0	114,5	67,2	49,7	59,2	75,2	49,0	53,9	63,7	58,5	73,9	84,0
										229,0	201,2	210,2
										100,0	131,7	1,9
										111,1	286,8	116,4

1. Reihe = Flächeninhalt, absolute Zahlen

2. Reihe = Relativwerte, horizontaler Vergleich

3. Reihe = Relativwerte, vertikaler Vergleich

Gruppe a = Gefäße bedeckt, Entwicklung von Sodenorganismen allein

Gruppe b = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenorganismen, Algen, Moosen und Unkräutern

Gruppe c = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenorganismen, Algen, Moosen und Unkräutern und Spinat

Gruppe d = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenorganismen, Algen, Moosen, Unkräutern und Spinat und Kopfdüngung (40 kg N/ha) am 55.Tag.

2. Danach nahmen die Keimzahlen vom 7. bis zum 14. Tag bei Gruppe b stärker zu als bei Gruppe a, so daß am 14. Tag höhere Keimzahlen bei allen Düngungsvarianten der Gruppe b, außer bei der Kontrolle, ermittelt wurden.
3. Vom 14. bis zum 28. Tag nahmen die Keimzahlen bei allen Varianten der Gruppe b zwar stark ab, jedoch blieben sie bis zum Versuchsende (am 70. Tag) höher als bei Gruppe a. Danach traten nur geringe Veränderungen ein, wie es auch bei Gruppe a der Fall war.
4. Die durch das Wachstum von Algen, Moosen und Unkräutern bedingte Erhöhung der Gesamtkeimzahlen in der Zeit vom 14. bis zum 70. Tag war bei den verschiedenen Düngungsarten etwa gleich, allerdings ca. 22-33 % höher als bei Gruppe a (s. Tab. 11). Die verschiedenen Düngungsarten zeigten in ihrer Wirkung auf die Keimzahlen im Boden etwa die gleichen Relationen wie bei Gruppe a. Demzufolge zeigten die Gesamtkeimzahlen bei Gruppe b den gleichen Verlauf wie bei Gruppe a, wie es auch bei der DHA und der CO₂-Entwicklung der Fall war.

Die Spinatpflanzen (Gruppe c, Abb. 33) führten am 14. Tag (einige Tage nach der Auskeimung) zu wesentlich niedrigeren Keimzahlen als bei Gruppe a bzw. bei Gruppe b, und zwar bei allen Düngungsvarianten (vgl. dazu Abb. 33 mit 31 und 32 bzw. s. Tab. 11). Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Düngungsarten waren zwar wesentlich kleiner, sie blieben jedoch erhalten. Allerdings war die Keimzahl bei UKa₁ (II) etwas höher als bei Stroh + UKa₁ (IV) bzw. noch höher als bei Stroh allein (III). Während der darauffolgenden 2 Wochen wurde die hemmende Wirkung des Spinats aufgehoben, so daß am 28. Tag bei allen Düngungsvarianten der Gruppe c sogar höhere Keimzahlen als bei der Gruppe a ermittelt wurden. Zu deutlich höheren Keimzahlen als bei Gruppe b kam es allerdings nur bei den Varianten, bei denen eine bessere N-Versorgung sichergestellt war (UKa₁ II und Stroh + UKa₂ V). Bei den anderen Düngungsvarianten (Kontrolle I, Stroh allein III, Stroh + UKa₁ IV und Stalldung VI) wurden etwa die gleichen Keimzahlen wie bei

Gruppe b gefunden, was wiederum darauf hindeutet, daß die hemmende Wirkung des Spinats weitgehend aufgehoben wurde. Eine fördernde Wirkung des Spinats auf die Bodenbakterien trat bei den verschiedenen Düngungsvarianten unterschiedlich stark bzw. zu verschiedenen Terminen auf und war von unterschiedlicher Dauer (vgl. dazu Abb. 33 mit 32). Eine solche Förderung konnte bei Stroh allein (III) bis zum Versuchsende nicht nachgewiesen werden, wohl aber bei den anderen Düngungsvarianten. Im einzelnen konnte festgestellt werden:

1. Bei den Düngungsvarianten, bei denen der Spinat schlechter wuchs (Kontrolle I und Stroh + UKa₁ IV) wurde die fördernde Wirkung erst am 56. Tag nachgewiesen - also erst ca. 3 Wochen nachdem die Unkräuter entfernt worden waren. Sie war am 70. Tag erheblich schwächer, aber noch vorhanden.
2. Die Förderung der Bodenbakterien bei den Varianten UKa₁ (II) und Stroh + UKa₂ (V), in denen die Spinatpflanzen infolge der stärkeren N-Versorgung besser wuchsen, war bereits am 28. Tag, also früher festzustellen, und blieb bis zum Versuchsende am 70. Tag (UKa₁ II) bzw. bis zum 56. Tag (Stroh + UKa₂ V) erhalten.
3. Beim Stalldung (VI), der zu einer schwächeren Entwicklung von Unkräutern, Algen und Moosen führte, konnten sich die Spinatpflanzen am besten entwickeln. Hier war die Förderung der Bodenbakterien zwar bereits am 28. Tag vorhanden, aber sehr gering und konnte erst am 42. Tag deutlich festgestellt werden. Am 70. Tag war sie allerdings nicht mehr nachzuweisen.

Wird der Einfluß des Wachstums von Spinat in der Zeit vom 14. bis zum 70. Tag als Ganzes betrachtet (Tab. 11, vertikaler Vergleich), dann ergibt sich, daß die Verhältnisse zwischen den Düngungsarten in ihrer Wirkung auf die Bodenbakterien trotz des Wachstums von Spinat (Gruppe c) etwa die gleichen geblieben sind wie bei Gruppe b, abgesehen davon, daß UKa₁ (II) eine stärkere Förderung gegenüber der Kontrolle (I) zeigte als Stroh allein (III).

Die Wirkung der Kopfdüngung mit Ammoniumnitrat in Höhe von 40 kg N/ha am 55. Tag (Gruppe d, Abb. 34) auf die Gesamtkeimzahlen im Boden war bei den verschiedenen Düngungsarten bzw. je nach dem Zustand des Grünabwachsungs unterschiedlich, wie aus dem Vergleich der Abb. 34 (Gruppe d) und 33 (Gruppe c) hervorgeht:

1. bei den Düngungsvarianten UKA₁ (II) und Stallung (VI), bei denen Nitrat gut wirkt, startete die Kopfdüngung bereits am 56. Tag (1 Tag nach ihrer Zufuhr) zu höheren Keimzahlen. Die Förderung blieb während der darauffolgenden 4 Wochen noch nachweisbar.
2. Eine solche Förderung war bei den Versuchsgliedern Stroh + UKA₁ (IV) und Stroh + UKA₂ (V) erst 10 Tage nach der Kopfdüngung (also am 65. Tag) zu erkennen. Während der ersten 10 Tage (55.-65. Tag) startete die Kopfdüngung bei den beiden Düngungsvarianten (IV und V) zu niedrigeren Keimzahlen als bei Gruppe c (ohne Kopfdüngung).
3. In der mit Stroh allein versehenen Boden (III) wurde 2 Tage nach der Kopfdüngung eine Erhöhung der Gesamtkeimzahlen erzielt, die aber gleich (1 Tag darauf) wieder verschwand.
4. Bei den Kontrollgefäßen (I), in denen der Stroh nur wuchs, startete die Kopfdüngung zu niedrigeren Keimzahlen als bei Gruppe c, und zwar besonders deutlich während der ersten Woche danach.

Die Kopfdüngung (Gruppe d) beeinflusste die Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf die Bodenbakterien, wie es aus Abb. 34 bzw. aus Tab. II (letzte Spalte, vertikaler Vergleich) hervorgeht, insofern nicht, als die Strovgabe allein (III) höhere Keimzahlen als die Kontrolle (I) aufwies. Weiterhin wurde eine solche Förderung durch die einfache UKA-Gabe zu Stroh (IV) gesteigert und die Wirkung war bei der doppelten Gabe zu Stroh (V) noch stärker. Außerdem wurde die intensive Förderung der Mikroorganismen durch Stallung (VI) hervorgerufen. Jedoch war die Förderung durch die einfache UKA-Gabe (II) gegenüber der Kontrolle (I) stärker als die des Strohs (III), wie es auch bei Gruppe c der Fall war.

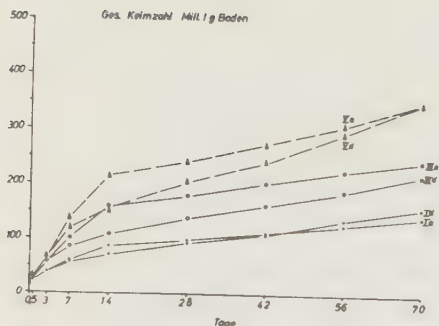


Abb. 35

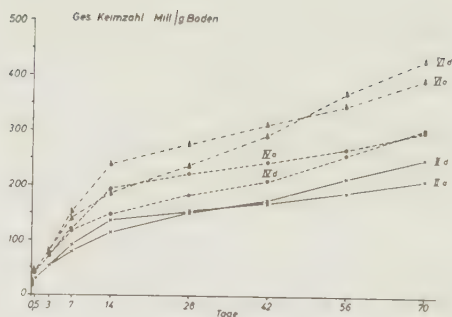


Abb. 36

Abb. 35-36 Einfluß der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung auf die Gesamtkeimzahlen im Boden (Summenkurven)

Gruppe a: Bodenmikroorganismen allein

Gruppe d: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter + Spinat + Kopfdüngung (40 kg N/ha am 55. Tag)

Die Wirkungen der Düngungsarten auf die Gesamtkeimzahlen wurden in Summenkurven (Abb. 35 und 36) dargestellt, die in der gleichen Weise wie bei der DHA erarbeitet wurden. Aus dem Vergleich der Summenkurven der Gruppe a des 2. (Abb. 35 und 36) und des 1. Gefäßversuchs (Abb. 7) ließen sich - analog zu den Ergebnissen der DHA und der CO_2 -Entwicklung - folgende Schlußfolgerungen ableiten:

1. Die absoluten Zahlen der Bakterien in den Böden des 2. Gefäßversuchs waren höher als die des 1. Versuchs, und zwar bei allen Düngungsvarianten.
2. Trotzdem zeigten die Summenkurven der beiden Gefäßversuche etwa den gleichen Verlauf und auch die Unterschiede zwischen den verschiedenen Düngungsarten waren dieselben.
3. Daher können die Einflüsse der verschiedenen Düngungsarten (I-VI) auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens in Gefäßversuchen auch mit Hilfe von Bestimmung der Gesamtkeimzahlen eindeutig ermittelt werden.

Wurden die Summenkurven der Gesamtkeimzahlen von Gruppe a und d (Abb. 35 und 36) untereinander bzw. mit denen der DHA verglichen, dann kommt man zu folgenden Ergebnissen:

1. Eine Verminderung der Gesamtkeimzahlen im Boden durch das Wachstum von Algen, Moosen und höheren Pflanzen - besonders in den ersten 4 Wochen - führte zu einer relativ geringen Schwächung der DHA.
2. Bei den organisch belüfteten Böden kann der Rückgang der Keimzahlen eine ähnliche Schwächung der DHA zur Folge haben (Stroh allein III, bis zum 56. Tag), muß aber nicht, wie die Varianten Stroh + UKa₁ (IV) und Stroh + UKa₂ (V) vom 14. Tag an zeigten.
3. Die Zunahme der Gesamtkeimzahlen infolge der später eintretenden fördernden Wirkung von Algen, Moosen und höheren Pflanzen war allerdings stets von einer Intensivierung der DHA begleitet, und zwar um so stärker, je höher die Gesamtkeimzahlen lagen (Stroh + UKa₁ IV, Stroh + UKa₂ V und Stalldung VI vom 42. bis zum 70. Tag).
4. Das Ausmaß einer solchen Steigerung der DHA wurde wiederum von der N-Versorgung (Stroh allein III) bzw. von der Zufuhr organischer Stoffe (Kontrolle I und UKa₁ II) begrenzt.
5. Ebenso wie bei der DHA beeinflusste das Wachstum von Algen, Moosen und höheren Pflanzen die Rangfolge der Düngungsvarianten in ihrer Wirkung auf die Keimzahlen im Boden nicht. Sie war die gleiche wie bei der DHA.

Stalldung (VI) > Stroh + UKa₂ (V) > Stroh + UKa₁ (IV) >
Stroh allein (III) > UKa₁ (II) > Kontrolle (I).

6.3.4 Die Wirkung der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung unter dem Einfluß der verschiedenen biologischen Faktoren auf die Zahlen der aeroben zellulosezersetzenden Bakterien im Boden (Abb. 37-42 und Tab. 12)

In den bedeckten Gefäßen des 2. Versuchs (Gruppe a, Bodenmikroorganismen allein, Abb. 37) in denen die aeroben zellulosezersetzenden Bakterien allein der Wirkung der verschiedenen Düngungsarten unterworfen waren, herrschten, wie bereits erwähnt wurde, die gleichen Bedingungen wie beim 1. Gefäßversuch. Die aeroben zellulosezersetzenden Bakterien verhielten sich gegenüber den verschiedenen Düngungsarten im 2. etwa analog wie im 1. Gefäßversuch, nur waren ihre Zahlen im 2. höher als im 1. Versuch (vgl. Abb. 8 mit Abb. 37). Aus dem Vergleich der beiden Abbildungen 8 und 37 können folgende Schlußfolgerungen abgeleitet werden:

1. Während der ersten 3 Tage nach der Wiederbefeuchtung des lufttrocken gelagerten Bodens kann eine Abnahme der Zahlen der Zellulosezerersetzer auftreten, muß aber nicht.
2. In den darauffolgenden Tagen (vom 3. bis zum 7. bzw. 14. Tag) nahmen sie schlagartig zu, so daß eine Steigerung bis auf etwa das 400-fache festgestellt wurde. Eine solche Steigerung wurde in den beiden Gefäßversuchen bei Stalldung (VI), Stroh + UKa_2 (V) und Stroh + UKa_1 (IV) nachgewiesen, bei Stroh allein (III) jedoch in geringerem Maße. In den Böden ohne organische Düngung (Kontrolle I, UKa_1 II) war dagegen eine weit geringere Steigerung festzustellen, die allerdings bei UKa_1 (II) häufig größer war als bei der Kontrolle (I).
3. Nachdem das Maximum am 7. bzw. am 14. Tag erreicht worden war, nahmen ihre Zahlen in den organischgedüngten Böden (III, IV, V und VI) bis zum 28. Tag wieder rasch ab. Danach traten nur geringe Veränderungen auf.
4. Die organische Düngung (Stalldung VI bzw. Stroh III, IV und V) förderte die Zellulosezerersetzer weit stärker und für längere Zeit (über 5 Monate) als die mineralische Düngung.

Abb. 37

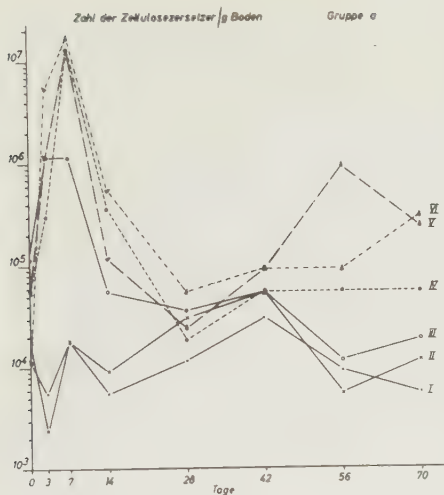


Abb. 38

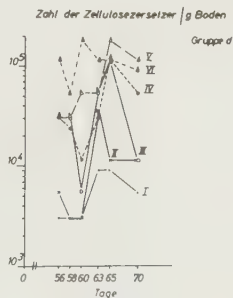
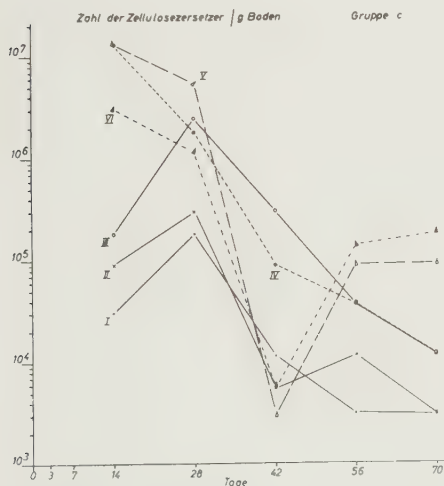
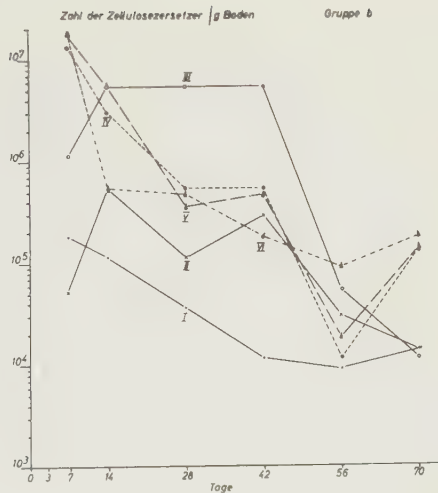


Abb. 39

Abb. 40

Abb. 37-40 Einfluß der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung in Verbindung mit den verschiedenen biologischen Faktoren auf die Zahl der aeroben zellulosezeretzenden Bakterien im Boden

Gruppe a: Bodenmikroorganismen allein

Gruppe b: wie Gruppe a + Algen, Moose und Unkräuter

Gruppe c: wie Gruppe b + Spinat

Gruppe d: wie Gruppe c + Kopfdüngung mit 40 kg N/ha als Ammoniumnitrat nach 55 Tagen

5. Während der ersten 10 Wochen wurde die fördernde Wirkung des Strohs (III) durch die einfache UKa-Gabe (IV) verstärkt. Zu einem noch etwas stärkeren Anstieg führte die doppelte UKa-Gabe zu Stroh (V).
6. Der Stalldung (VI) zeigte hier seine Überlegenheit gegenüber Stroh + UKa (beide Gaben IV und V), wie es auch bei der DHA und den Gesamtkeimzahlen der Fall war. Allerdings war eine solche Überlegenheit nur während der ersten 4-6 Wochen nachzuweisen.

Kamen Algen, Moose und Unkräuter zur Wirkung (Gefäße nicht bedeckt, Gruppe b, Abb. 38), dann ergab sich aus dem Vergleich mit den Zahlen der Zellulosezer-setzer in den bedeckten Gefäßen (Gruppe a, Bodenmikroorganismen allein, Abb. 37) folgendes (s. auch Tab. 12):

1. Das Wachstum von Algen, Moosen und Unkräutern führte bei allen Düngungsvarianten zu einer starken Erhöhung der Zahlen der Zellulosezer-setzer. Diese fördernde Wirkung war bis zum 42. Tag noch festzustellen. Danach nahmen die Zahlen der Zellulosezer-setzer vom 42. bis 56. Tag - also nachdem die Unkräuter entfernt worden waren - stark ab, so daß ihre Zahlen bei Gruppe b nur noch etwa die gleichen (Kontrolle I, Stalldung VI) wie bei Gruppe a waren bzw. waren sie sogar niedriger (Stroh + UKa₁ IV, Stroh + UKa₂ (V)) als bei Gruppe a. Allerdings blieben die Zahlen bei Stroh allein (III) und UKa₁ (II) trotz der starken Abnahme höher als in den gleichen Düngungsvarianten in Gruppe a.
2. Die Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf die Zellulosezer-setzer wurde durch das Wachstum von Algen, Moosen und Unkräutern gegenüber der Kontrolle (I) verstärkt, wie aus Tab. 12 (vorletzte Spalte, vertikaler Vergleich) hervorgeht. Weiter zeigte die UKa-Düngung zu Stroh (beide Gaben IV und V) ihre fördernde Wirkung gegenüber Stroh allein (III) nur bis zum 7. bzw. wieder am 70. Tag. In der Zwischenzeit lagen ihre Zahlen sogar niedriger als bei Stroh allein (III). Außerdem konnte die Überlegenheit von Stalldung (VI) gegenüber Stroh + UKa (beide Gaben IV und V) erst vom 56. Tag an festgestellt werden, und zwar insofern, als die Zahlen der Zellulosezer-setzer bei Stroh + UKa

T a b e l l e 12

Die Wirkung der biologischen Faktoren (Gruppe a, b, c und d) in Zusammenhang mit den c. Darstellungsform auf die Zahl der aeroben zellulosezersetzenden Bakterien (Tausend Keime / g ofentrockenen Boden).

Varianten	11. Tag				28. Tag				Zeitpunkt				c. Darstellungsform			
	a				a				Gruppe				a			
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
I ohne Stroh, ohne Uka 1	5,5	115,8	30,3	11,6	36,5	183,0	30,5	11,5	9,2	9,1	3,1	5,4	62,2	159,5	220,2	10,1
II ohne Stroh + Uka 1	9,1	549,1	91,4	30,5	115,2	304,5	54,8	30,6	5,4	5,5	30,5	11,4	111,2	101,1	100,0	100,0
III Stroh ohne N	11,2	200,0	18,0	30,6	145,2	456,0	55,0	13,5	11,0	5,1	5,0	11,1	11,2	10,0	10,0	10,0
IV Stroh + Uka 1	11,2	200,0	18,0	30,6	145,2	456,0	55,0	13,5	11,0	5,1	5,0	11,1	11,2	10,0	10,0	10,0
V Stroh + Uka 2	11,2	200,0	18,0	30,6	145,2	456,0	55,0	13,5	11,0	5,1	5,0	11,1	11,2	10,0	10,0	10,0
VI Stallmist	11,2	200,0	18,0	30,6	145,2	456,0	55,0	13,5	11,0	5,1	5,0	11,1	11,2	10,0	10,0	10,0

* 1. Reihe = absolute Zahlen der zellulosezersetzenden Bakterien (Tausend / g Boden)

2. Reihe = Relativwerte, horizontaler Vergleich

3. Reihe = Relativwerte, vertikaler Vergleich

Gruppe a = Gefäße bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen allein

Gruppe b = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen, Algen, Moosen und Unkräutern

Gruppe c = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen, Algen, Moosen, Unkräutern und Spinat

Gruppe d = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen, Algen, Moosen, Unkräutern und Spinat und Kopfdüngung (40 kg ly. Ha) am 5. Tag

(beide Gaben IV und V) nach dem Entfernen der Unkräuter stärker abnahmen als bei den Stallung Gefäßen (VI), in denen die Unkräuter schlechter zur Entwicklung kamen. Die fördernde Wirkung der UKa-Düngung allein (II) gegenüber der Kontrolle (I) war in den bewachsenen (Gruppe b) stärker als in den bedeckten Gefäßen (Gruppe a).

Der Einfluß des Spinats auf die Düngungsarten (I - VI) in ihrer Wirkung auf die Zahlen der Zellulosezer-setzer im Boden ist aus dem Vergleich der Abb. 38 (Gruppe b) und Abb. 39 (Gruppe c) bzw. aus Tab. 12 zu entnehmen, und zwar:

1. Einige Tage nach der Auskeimung der Spinatsamen - also am 14. Tag - wurden bei den verschiedenen Düngungsarten nicht die gleichen Einflüsse beobachtet, denn, während die Spinatkeime bei der Kontrolle (I), UKa₁ (II) und Stroh allein (III) zu niedrigeren Zahlen der Zellulosezer-setzer als bei Gruppe b führten, wurde das Gegenteil bei Stroh + UKa (beide Gaben IV und V) und Stallung (VI) festgestellt.
2. Eine solche Verzögerung bei der Kontrolle (I) bzw. bei UKa₁ (II) war bereits in den darauffolgenden 2 Wochen aufgehoben und am 28. Tag wurden sogar höhere Zahlen als bei Gruppe b erzielt.
3. In dem mit Stroh allein versehenen Boden (III) wurden durch das zusätzliche Wachstum des Spinats (Gruppe c) immer niedrigere Zahlen von Zellulosezer-setzern gefunden als bei Gruppe b.
4. Das Entfernen von Unkräutern am 34. Tag führte zu einer starken Abnahme der Zahlen bei allen Düngungsvarianten, wie es auch bei Gruppe b der Fall war, so daß am 42. Tag in allen Düngungsvarianten niedrigere Zahlen bei Gruppe c gefunden wurden als bei Gruppe b, in einigen (Kontrolle I, UKa₁ II, Stroh + UKa₂ V und Stallung VI) waren sie sogar niedriger als bei Gruppe a. Daraus ergibt sich, daß die Unkräuter eine fördernde Wirkung auf die Entwicklung der Zellulosezer-setzer ausübten.
5. In den darauffolgenden 4 Wochen (56. und 70. Tag) nahmen die Zahlen in Böden mit besserer N-Versorgung (UKa₁ II, Stroh + UKa₂ V

und Stalldung VI) zunächst wieder stark zu, dagegen in den anderen Böden (Kontrolle I, Stroh allein III und Stroh + UKa₁ IV) weiter ab.

6. Die Relationen zwischen den Düngungsvarianten wurden durch das Wachstum von Spinat insofern geändert, als die fördernde Wirkung der UKa-Düngung allein (II) gegenüber der Kontrolle (I) geringer wurde und nur kürzere Zeit (nur bis zum 28. Tag) anhielt. Außerdem wurden die Maximalzahlen bei Kontrolle (I), UKa₁ (II) und Stroh allein (III) erst 2 Wochen später als bei Gruppe b bzw. 3 Wochen später als bei Gruppe a erreicht.

Die Kopfdüngung mit Stickstoff am 55. Tag (Gruppe d, Abb. 40) verursachte zunächst (1 Tag nach ihrer Zufuhr) eine Abnahme der Zahlen der Zellulosezersetzer, wie es aus dem Vergleich der Abb. 39 und 40 bzw. Tab. 12 hervorgeht. Erst 5-10 Tage nach ihrer Zufuhr konnte eine Förderung nachgewiesen werden und sie blieb bei der Kontrolle (I), UKa₁ (II) und Stroh allein (III) länger erhalten als bei Stroh + UKa (beide Gaben IV und V). In dem mit Stalldung versehenen Boden (VI) wirkte die Kopfdüngung meist hemmend. Die Unterschiede zwischen den Düngungsarten waren kleiner als bei Gruppe c, sie blieben jedoch erhalten.

Die Wirkungen der verschiedenen Düngungsarten auf die Zahlen der Zellulosezersetzer im Boden wurden ebenfalls in Summenkurven (Abb. 41 und 42) dargestellt. Aus dem Vergleich der Gruppe a des 2. Gefäßversuchs (Abb. 41 und 42) und dem 1. Gefäßversuch (Abb. 9) ließen sich - in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der der DHA, der CO₂-Entwicklung und den Gesamtkeimzahlen - folgende Schlußfolgerungen ziehen:

1. Die absoluten Zahlen der Zellulosezersetzer in den Böden des 2. Gefäßversuchs waren höher als die des ersten, und zwar bei allen Düngungsvarianten.
2. Trotzdem zeigten die Summenkurven der beiden Gefäßversuche einen analogen Verlauf.
3. Auch die Unterschiede zwischen den verschiedenen Düngungsvarianten waren in beiden Gefäßversuchen relativ die gleichen, und zwar

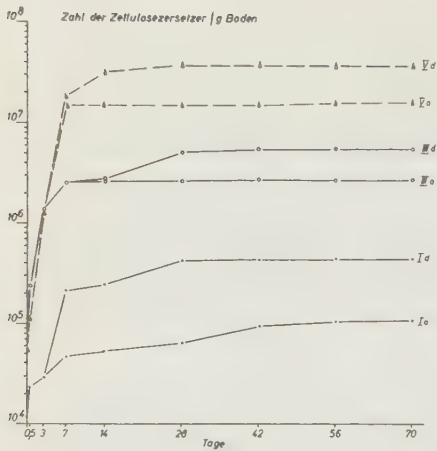


Abb. 41

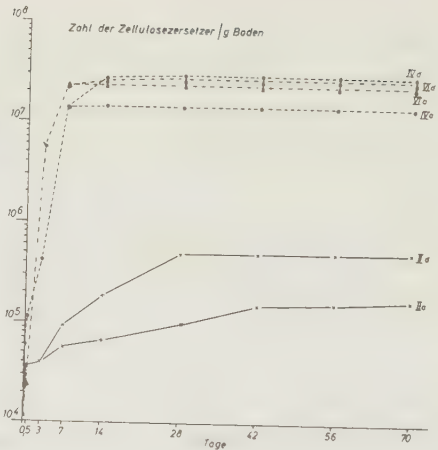


Abb. 42

Abb. 41-42 Einfluß der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung auf die Zahlen der Zellulosezerersetzer im Boden (Summenkurven)

- Gruppe a: Bodenmikroorganismen allein
 Gruppe d: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter + Spinat + Kopfdüngung (40 kg N/ha am 55. Tag)

war die Förderung der Zellulosezerersetzer durch die Zufuhr sowohl von unverrotteter (III, IV und V) als auch von vorverrotteter (Stalldung VI) organischer Substanz wesentlich stärker als durch die mineralische N-Düngung (UKa, II). Weiterhin wurde die fördernde Wirkung des Strohs (III) durch die Düngung mit der einfachen UKa-Gabe (IV, 60 kg N/ha) beachtlich gesteigert. Die doppelte UKa-Gabe zu Stroh (V, 120 kg N/ha) zeigte zwar eine etwas stärkere Förderung gegenüber Stroh allein (III) als die einfache Gabe (IV), jedoch war die Wirkung der zweiten wesentlich geringer als die der ersten Gabe. Außerdem wurde die höchste Summe an Zellulosezeresetzern in dem mit Stallmist versehenen Boden gefunden.

4. Demzufolge können die Einflüsse der verschiedenen Düngungsarten (I - VI) auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens in Gefäßversuchen auch mit Hilfe der Bestimmung der Zahlen der aeroben zellulosezersetzenden Bakterien erfaßt werden.

Werden die Summenkurven der Zellulosezer-setzer von Gruppe a und d miteinander verglichen (Abb. 41 und 42), dann ergibt sich folgendes:

1. Der fördernde Einfluß der höheren Pflanzen (vor allem die zur Entwicklung kommenden Unkräuter) auf die aeroben zellulosezer-setzenden Bakterien war wesentlich stärker als auf die anderen heterotrophen Bodenbakterien (Gesamtkeimzahlen), denn sie führten zu einer Erhöhung der Summe der Zahlen der Zellulosezer-setzer bis auf etwa das 4-fache der bei Gruppe a ermittelten Summen.
2. Der fördernde Einfluß der höheren Pflanzen war auch weit größer als bei der DHA und der CO_2 -Entwicklung.
3. Allerdings war sein Ausmaß vermutlich von dem Entwicklungszustand der Unkräuter, der Stickstoffversorgung und von den Zahlen der anderen Mikroorganismen abhängig, denn der schwächste Einfluß der höheren Pflanzen wurde bei den Stall-düngungsgefäßen (VI) ermittelt, in denen die Unkräuter am schlechtesten zur Entwicklung kamen. Außerdem war der Einfluß bei Stroh + UKa_2 (V) - wegen der besseren N-Versorgung bzw. des besseren Wachstums der Unkräuter - stärker als bei Stroh + UKa_1 (IV). Weiterhin übten die höheren Pflanzen den gleichen Einfluß bei Stroh allein (III) wie bei Stroh + UKa_1 (IV) aus (Erhöhung auf etwa das 2-fache), trotz der N-Ausgleichsdüngung bei Variante IV. Dafür können die höheren Gesamtkeimzahlen bei Stroh + UKa_1 (IV) gegenüber Stroh allein (III) verantwortlich gemacht werden. Am stärksten war der Einfluß der höheren Pflanzen bei UKa_1 (II) bzw. Kontrolle (I) (Erhöhung auf das über 3 bis 4-fache), und zwar vermutlich deswegen, weil bei UKa_1 (II) das Wachstum der Unkräuter bzw. die N-Versorgung am besten war, während bei der Kontrolle (I) die niedrigsten Gesamtkeimzahlen ermittelt wurden.
4. Trotz des unterschiedlich starken Einflusses der höheren Pflanzen, wurde die Rangfolge der Düngungsvarianten in ihrer Wirkung

auf die Zellulosezerersetzer nur insofern geändert, als der Stallung (VI), der in Gruppe a an 1. Stelle stand, in Gruppe d auf die 3. Stelle zurückfiel.

5. Im Gegensatz zu den anderen Untersuchungen (DHA, CO₂-Entwicklung und Gesamtkeimzahlen) zeigte die Kopfdüngung mit Stickstoff (am 55. Tag) hier keine bedeutende Wirkung, vermutlich, weil die ursprünglich im Boden vorhandene Zellulose weitgehend zersetzt worden war.

6.3.5 Die Wirkung der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stallung unter dem Einfluß der verschiedenen biologischen Faktoren auf die Zahl der Azotobakterzellen im Boden

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen ließen überhaupt keine Tendenz erkennen, weil auf den für die Azotobakter geeigneten Nährboden (Mannit-Agar) auch bei der niedrigsten Verdünnung (10^{-1}) aus dem unterschiedlich gedüngten Boden kein Wachstum der Azotobakter nachgewiesen werden konnte. Diese Tatsache ist auf die saure Reaktion des Bodens von Kleinseelheim (pH 5,21 - 5,95) zurückzuführen.

6.3.6 Die Wirkung der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stallung unter dem Einfluß der verschiedenen biologischen Faktoren auf den Gehalt an freiem Ammoniak im Boden (Abb. 43-47 und Tab. 13)

In den bedeckten Gefäßen des 2. Gefäßversuchs (Gruppe a, Abb. 43) waren die Verhältnisse - wie bereits erwähnt - die gleichen wie im 1. Versuch (Abb. 14), und zwar waren die Mikroorganismen die einzigen Lebewesen, die Ammoniak gebildet, umgewandelt bzw. für den Aufbau ihrer Zellsubstanz verbraucht haben. Aus den Einzelwerten des gefundenen Ammoniaks können nur indirekt Schlußfolgerungen über die Ammoniakbildung im Boden gezogen werden, weil die gefundenen Mengen keine absoluten Werte darstellen, sondern die Mengen, die nach der Nitrifikation bzw. nach der Aufnahme durch die verschiedenen Mikroorganismen übriggeblieben sind.

Abb. 43

Abb. 44

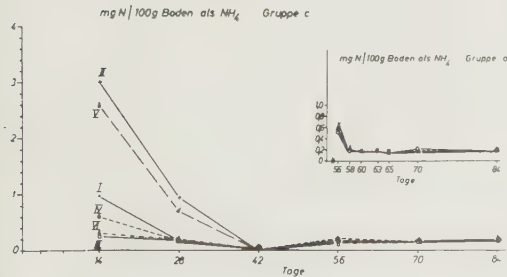
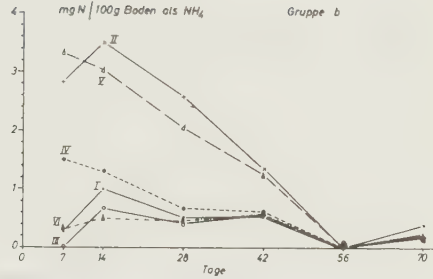
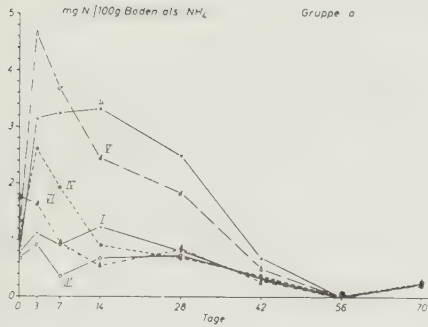


Abb. 45

Abb. 43-45

Einfluß der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung in Verbindung mit den verschiedenen biologischen Faktoren auf den Gehalt an freiem Ammoniak im Boden

Gruppe a: Bodenmikroorganismen allein

Gruppe b: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter

Gruppe c: wie Gruppe b + Spinat

Gruppe d: wie Gruppe c + Kopfdüngung mit 40 kg N/ha als Ammoniumnitrat nach 55 Tagen

Aus dem Vergleich der Gehalte an Ammoniak im Boden vom 1. und 2. Gefäßversuch (Abb. 14 und 43) kamen folgende Ergebnisse deutlich zum Ausdruck:

1. In Übereinstimmung mit den anderen Untersuchungen (DHA, CO_2 -Entwicklung, Gesamtkeimzahlen und Zahlen der Zellulosezersetzer) wurden im 2. Gefäßversuch höhere Gehalte an Ammoniak ermittelt als im 1. Versuch.
2. Die intensivste Ammoniakbildung fand in den ersten Tagen (bis zum 7. Tag) nach der Wiederbefeuchtung des lufttrocken gelagerten Bodens statt. Danach nahm sie bei den verschiedenen Düngungsvarianten je nach der Intensität der Nitrifikation, der Entwicklung der Mikroorganismen, insbesondere der Zellulosezersetzer bzw. je nach der Aktivität der Mikroorganismen (DHA und CO_2 -Entwicklung) unterschiedlich stark ab.
3. Bereits während der ersten 3 Tage wurde fast die gesamte Menge an Stickstoff, der in Form von Kalziumcyanamid dem Boden zugeführt worden war (UKa_1 II = 60 kg N/ha = etwa 2 mg N/100 g Boden und UKa_2 = 120 kg N/ha = etwa 4 mg N/100 g Boden) in Form von Ammoniak gefunden.
4. In dem mit Stroh allein versehenen Boden (III) wurden die niedrigsten Ammoniakmengen ermittelt, und zwar von Anfang bis zum Ende des Versuchs.
5. Die Düngung mit einfacher UKa -Gabe zu Stroh (IV) führte in den ersten 4 Wochen zu höheren Ammoniakgehalten als bei Stroh allein (III), sie waren sogar höher als die der Kontrolle (I), danach waren keine Unterschiede mehr festzustellen. Die doppelte UKa -Gabe zu Stroh (V) lieferte wesentlich höhere Ammoniakmengen als die einfache Gabe (IV) und auch für längere Zeit (6 Wochen).
6. Eine Abnahme des Ammoniakgehalts durch die Strohgabe war in allen mit Stroh versehenen Böden (III, IV und V) deutlich festzustellen. Eine solche Abnahme war bereits am 3. Tag vorhanden und war während der ersten 14 Tage besonders stark.

7. Der Stalldung (VI) zeigte nur am Anfang (1 Stunde nach der Wiederbefeuchtung des Bodens) einen etwas höheren Ammoniakgehalt als die anderen Düngungsvarianten, danach nahm er rasch ab, so daß er am 7. Tag dem Wert der Kontrolle glich und am 14. Tag nur noch in der gleichen Höhe wie Stroh allein (III) lag.
8. Die Ammoniakbildung aus dem Kalkstickstoff wurde innerhalb der ersten 6 Wochen soweit abgeschlossen, daß danach die Ammoniakgehalte sehr niedrig lagen und die verschiedenen Düngungsvarianten keine Unterschiede mehr aufwiesen.

Kamen Algen, Moose und Unkräuter zur Wirkung (Gefäße nicht bedeckt, Gruppe b, Abb. 44), dann ergab sich aus dem Vergleich mit den Werten der Ammoniakgehalte in den bedeckten Gefäßen (Gruppe a, Bodenmikroorganismen allein, Abb. 43) folgendes (siehe auch Tab. 13):

1. Am 7. Tag waren die Ammoniakgehalte in den Gefäßen der Gruppe b niedriger als in denen der Gruppe a, und zwar bei allen Düngungsvarianten.
2. In den Böden, die keinen Kalkstickstoff erhalten hatten (Kontrolle I, Stroh allein III und Stalldung VI), blieben sie bei Gruppe b weiterhin niedriger als bei Gruppe a. Demgegenüber waren die Ammoniakmengen in den mit Kalkstickstoff versehenen Gefäßen (UKa_1 II, Stroh + UKa_1 IV und Stroh + UKa_2 V) der Gruppe b - trotz des Wachstums von Algen, Moosen und Unkräutern - vom 14. Tag an größer als die der gleichen Düngungsvarianten der Gruppe a.
3. Das Wachsen von Algen, Moosen und Unkräutern hat den Verlauf der Ammoniakbildung insofern nicht beeinflußt, als die höchsten Ammoniakgehalte bereits während der ersten 2 Wochen ermittelt wurden. Danach erfolgte eine rasche Abnahme, so daß am 56. Tag überhaupt kein Ammoniak mehr nachgewiesen werden konnte, wie es auch in den bedeckten Gefäßen (Gruppe a) der Fall war.
4. Die Rangfolge der Düngungsvarianten in ihrer Wirkung auf den Gehalt an Ammoniak im Boden wurde durch das Wachstum von Algen, Moosen und Unkräutern nur insofern geändert, als in den mit Stroh + UKa_1 (IV) versehenem Boden größere Ammoniakmengen - besonders vom 14. Tag an - als in der Kontrolle ermittelt wurden.

Table 10.13

Integrationswerte der NH_4^+ -Kurven (Abb. 43-45) der 6 Bindungsarten unter Mitwirkung der biologischen Faktoren (Gruppen a, b, c und d) (Integrationswerte = die von den Kurven gegenüber der Abszisse abgegrenzten Flächen in cm^2)

Zeitschnitt																					
14.-28.Tag		28.-42.Tag			42.-56.Tag			56.-70.Tag			70.-84.Tag			14.-70.Tag*			56.-84.+8F*				
a		b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	d	e	f	a	b	c	d	e	
Varianten																					
I ohne Stroh, ohne N		35,7	26,6	20,0	20,0	18,6	2,8.	5,6	9,1	1,1	4,2	4,2	4,9	6,4	5,6	5,6	58,5	28,9	10,5	12,0	
																	100,0	89,3	44,0		
																	100,0	100,0	100,0		
II ohne Stroh + Uka 1		101,9	106,4	69,0	56,0	69,0	16,5	12,3	23,8	2,8	4,2	6,7	5,3	6,6	5,6	6,3	174,4	205,2	92,6	10,2	
																	100,0	118,1	53,7	12,2	
																	266,3	332,0	223,0		
III Stroh-ohne N		24,9	18,9	7,7	19,6	16,8	3,2	6,0	9,5	3,2	6,0	3,5	5,6	6,9	5,6	7,0	56,5	48,7	19,7	11,2	
																	100,0	86,2	34,9	13,2	
																	86,3	83,2	68,4		
IV Stroh + Uka 1		28,0	34,7	13,3	18,9	22,8	3,2	6,7	10,9	3,5	4,2	3,5	6,0	6,6	5,3	6,0	57,8	71,2	26,0	12,6	
																	100,0	124,4	45,0	11,2	
																	88,2	122,9	90,3		
V Stroh + Uka ?		75,3	88,6	57,4	25,5	57,8	12,3	9,1	22,1	3,0	4,2	3,5	5,5	6,2	5,8		124,1	112,0	72,2	11,1	
																	100,0	138,0	87,0	1,2	
																	189,5	294,0	271,5		
VI Stallmast		22,8	16,6	8,1	19,3	17,9	3,2	4,9	10,1	3,9	4,2	3,5	6,3	6,8	6,5	5,7	32,2	48,2	21,5	11,2	
																	100,0	92,5	41,2	1,2	
																	79,7	82,6	74,7		

* Reihe - Flächeninhalt, absolute Zahlen

1. Reihe = Flächeninhalt, absolute Zahlen
2. Reihe = Relativwerte, horizontaler Vergleich

2. Reihe = relative Werte, horizontaler Vergleich
3. Reihe = relative Werte, vertikaler Vergleich

• САНТА-МАРИЯ-ДЕ-ЛА-ПЕДРА

Gruppe a = Gefäße bedeckt, Entwicklung von Bodenorganismen allein

Gruppe b = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenorganismen, Algen, Moose und Unkrautern

Gruppe c = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenorganismen, Algen, Moose und Unkrautern und Spinnatzen

Gruppe a - Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenorganismen, Algen, Moose und Unkrautern und Spinnat

Der Einfluß des Spinats auf die Düngungsarten (I - VI) in ihrer Wirkung auf die Ammoniakgehalte im Boden ist aus dem Vergleich der Abb. 44 (Gruppe b) und Abb. 45 (Gruppe c) bzw. Tab. 13 zu entnehmen, und zwar:

1. Einige Tage nach der Auskeimung der Spinatsamen (am 14. Tag) wurden bereits in allen Düngungsvarianten kleinere Ammoniakmengen gefunden als bei Gruppe b (ohne Spinat), sie waren sogar noch kleiner als in den gleichen Düngungsvarianten der Gruppe a (ohne höhere Pflanzen).
2. Danach nahmen die Ammoniakgehalte in den Gefäßen der Gruppe c, auf deren Böden der Spinat wuchs, wesentlich schneller ab als in denen der Gruppe b bzw. der Gruppe a. Demzufolge wurden in den Gefäßen ohne Kalkstickstoffdüngung (Kontrolle I, Stroh allein III und Stalldung VI) bzw. in den mit nur einfacher UKa-Gabe zu Stroh versehenen Gefäßen (IV) bereits am 28. Tag nur sehr geringe Ammoniakmengen gefunden. Außerdem verschwand das Ammoniak in allen Düngungsvarianten bereits am 42. Tag, also früher als bei Gruppe b oder a.
3. Die Rangfolge der Düngungsvarianten in ihrer Wirkung auf den Ammoniakgehalt des Bodens wurde durch das Wachstum des Spinats nur insofern geändert, als in den mit Stroh + UKa₁ versehenen Gefäßen (IV) kleinere Ammoniakmengen als in der Kontrolle (I) ermittelt wurden (Tab. 13, Relativwerte, vertikaler Vergleich). Demzufolge war die Rangfolge bei Gruppe c die gleiche wie bei Gruppe a.

Die bei der Kopfdüngung (40 kg N/ha als Ammoniumnitrat) am 55. Tag zugeführte Ammoniakmenge (etwa 0,5 mg N/100 g Boden) wurde 24 Stunden nach der Düngung wiedergefunden. Sie verschwand jedoch während der darauffolgenden zwei Tage wieder, und zwar bei allen Düngungsvarianten (Gruppe d, Abb. 45 rechts). Die Kopfdüngung zeigte also bei den verschiedenen Düngungsvarianten die gleiche Wirkung auf den Ammoniakgehalt des Bodens und hielt nur sehr kurz an (etwa 2 Tage).

Die Wirkung der verschiedenen Düngungsarten wurden wie bisher in Summenkurven (Abb. 46 und 47) dargestellt. Aus dem Vergleich der

Gruppe a des 2. (Abb. 46 und 47) und des 1. Gefäßversuchs (Abb. 15) ließen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

1. Die absoluten Werte des Ammoniaks in den Böden des 2. Gefäßversuchs waren höher als die des ersten, und zwar bei allen Düngungsvarianten.
2. Trotzdem zeigten die Summenkurven der beiden Gefäßversuche einen analogen Verlauf, wie es auch bei den anderen Untersuchungen (Gesamtkeimzahlen usw.) der Fall war.
3. Ein solches Verhalten deutet darauf hin, daß die Wirkungen der verschiedenen Düngungsarten auf die Ammoniakbildung im Boden einer Gesetzmäßigkeit unterlagen (s. auch die Kurven der Einzelwerte, Abb. 14 und 43), und zwar insofern, als im 2. Gefäßversuch innerhalb der ersten 3 Tage etwa die Hälfte, innerhalb der 1. Woche über $3/4$ und während der ersten 2 Wochen bereits über 90 % der in 70 Tagen gefundenen Ammoniakmenge ermittelt wurden. Außerdem waren die Mengen des gefundenen Ammoniaks von der Höhe der Kalkstickstoffgabe (UKa_1 II, UKa_2 V), der Zufuhr von Stroh (Stroh allein III, Stroh + UKa_1 IV und Stroh + UKa_2 V) und schließlich von den Zahlen der Bodenmikroorganismen bzw. ihrer Aktivität abhängig, denn in dem mit Stroh allein versehenen Boden (III), der höhere Keimzahlen bzw. eine stärkere Aktivität (DHA und CO_2 -Entwicklung) als die Kontrolle (I) aufwies, wurden geringere Ammoniakmengen gefunden als in der Kontrolle. Ebenso ergaben sich geringere Ammoniakmengen als bei UKa_1 (II) bei der Variante Stroh + UKa_1 (IV), die sowohl höhere Keimzahlen als auch stärkere Aktivität als die Variante UKa_1 (II) zeigte. Die doppelte UKa -Gabe zu Stroh (V) lieferte zwar etwa doppelt soviel Ammoniak wie die einfache Gabe zu Stroh (IV), jedoch war sie nur um etwa $1/4$ höher als bei der einfachen UKa -Gabe (II).
4. Auch die Unterschiede im Ammoniakgehalt zwischen den verschiedenen Düngungsvarianten waren in den beiden Gefäßversuchen relativ die gleichen. Demzufolge war die Rangfolge der Düngungsvarianten in ihrer Wirkung auf den Ammoniakgehalt im Boden auch die gleiche.

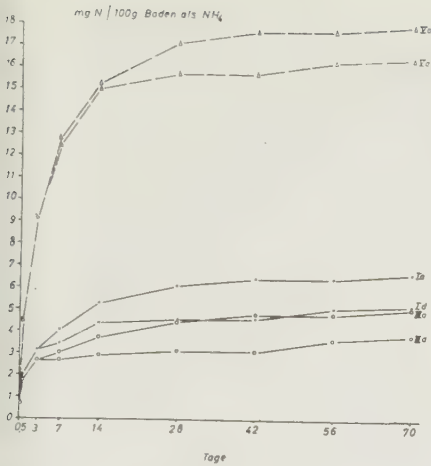


Abb. 46

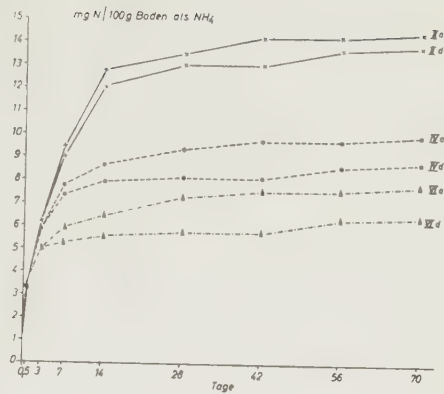


Abb. 47

Abb. 46-47 Einfluß der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung auf den Gehalt an freiem Ammoniak im Boden (Summenkurven)

Gruppe a: Bodenmikroorganismen allein
 Gruppe d: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter
 + Spinat + Kopfdüngung
 mit 40 kg N/ha als Ammoniumnitrat nach 55 Tagen

Werden die Summenkurven des Ammoniaks von Gruppe a und d miteinander verglichen (Abb. 46 und 47), dann ergibt sich folgendes:

1. Die Abnahme des Ammoniaks durch das Wachstum von höheren Pflanzen (Spinat und Unkräuter) war in den ersten 2 Wochen kleiner als in der darauffolgenden Zeit, und zwar deswegen, weil die Ammoniakbildung früh einsetzte und rasch abgeschlossen wurde (über 90 % der gefundenen Ammoniakmengen wurden während der ersten 14 Tage ermittelt, also in einer Zeitspanne, in der die Auskeimung der höheren Pflanzen stattfand). Ein solches Verhalten kam bei den mit Kalkstickstoff versehenen Varianten (UKa₁, II und Stroh + UKa₂ V) deutlicher zum Ausdruck als bei den anderen Düngungsvarianten.

2. Die Abnahme des Ammoniaks durch das Wachstum von höheren Pflanzen war in der Gruppe d gegenüber Gruppe a in den Böden ohne UKa-Düngung (Kontrolle I, Stroh allein III und Stalldung VI) relativ größer als dort, wo die Böden mit UKa versehen worden waren (UKa₁ II, Stroh + UKa₁ IV und Stroh + UKa₂ V). Ebenso wurde eine solche Abnahme durch die Strohgabe verstärkt (vgl. Stroh allein III mit Kontrolle I bzw. Stroh + UKa₁ mit UKa₁).
3. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der anderen Untersuchungen (DHA usw.) wurde der Ammoniakgehalt des Bodens durch die Düngungsart stärker beeinflußt als durch das Wachstum höherer Pflanzen. Daher blieb die Rangfolge der verschiedenen Düngungsarten in ihrer Wirkung auf den Ammoniakgehalt im Boden trotz des Wachstums von höheren Pflanzen (Gruppe d) die gleiche wie bei Gruppe a (Mikroorganismen allein).

Bei der Besprechung der Ergebnisse der Ammoniakbildung wurden die Zusammenhänge mit der Nitratbildung nicht erwähnt, obwohl beide Prozesse sehr eng miteinander verbunden sind. Da eine Nitratbildung erst möglich ist, wenn Stickstoff in Form von Ammoniak vorliegt, sollen die Beziehungen zwischen beiden Vorgängen bei der nun folgenden Besprechung der Ergebnisse der Nitratbestimmungen dargelegt werden.

6.3.7 Die Wirkung der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung unter dem Einfluß der verschiedenen biologischen Faktoren auf den Nitratgehalt des Bodens (Abb. 48-52 und Tab. 14)

Aus den Einzelwerten der gefundenen Nitratmengen (Abb. 48-50) können nur indirekt Schlußfolgerungen über die Nitratbildung im Boden, wie es auch bei der Ammoniakbildung der Fall war, gezogen werden. Die ermittelten Nitratmengen stellen keine absoluten Werte dar, sondern die Mengen, die nach der Aufnahme sowohl durch die verschiedenen Mikroorganismen (Gruppe a, Abb. 48) als auch durch Mikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter (Gruppe b, Abb. 49) bzw. zu-

Abb. 48

Abb. 49

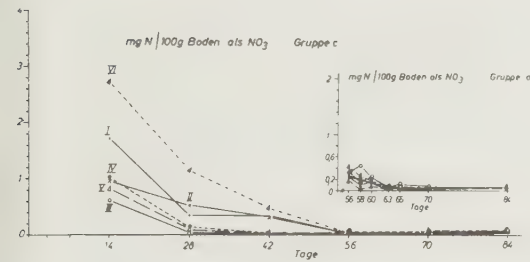
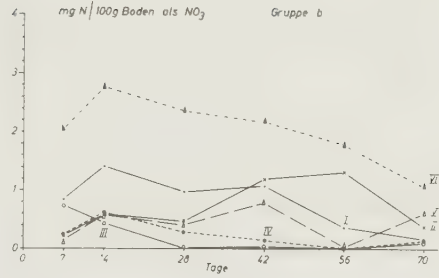
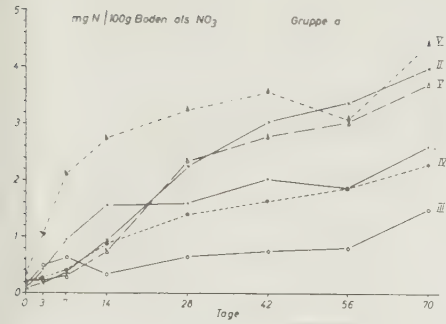


Abb. 50

Abb. 48-50

Einfluß der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung in Verbindung mit den verschiedenen biologischen Faktoren auf den Nitratgehalt im Boden

Gruppe a: Bodenmikroorganismen allein

Gruppe b: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter

Gruppe c: wie Gruppe b + Spinat

Gruppe d: wie Gruppe c + Kopfdüngung mit 40 kg N/ha als Ammoniumnitrat nach 55 Tagen

sätzlich durch die Spinatpflanzen (Gruppe c und d, Abb. 50) übriggeblieben sind. Eine Reduktion des Nitrats im Boden zu Ammoniak bzw. eine Denitrifikation (anaerobe Prozesse) dürften deshalb keine bedeutende Rolle spielen, weil der lufttrockene Boden nur auf etwa 60 % seiner maximalen Wasserkapazität wieder befeuchtet wurde und in dem feuchten Boden daher aerobe Verhältnisse herrschten.

In den bedeckten Gefäßen des 2. Gefäßversuchs (Gruppe a, Mikroorganismen allein, Abb. 48), in denen die gleichen Verhältnisse wie im 1. Versuch (Abb. 16) herrschten, waren die Mikroorganismen auch die einzigen Lebewesen, die Nitrat gebildet bzw. für den Aufbau ihrer Zellsubstanz verbraucht haben. Daher zeigten die Nitratkurven in beiden Gefäßversuchen einen analogen Verlauf (vgl. dazu Abb. 48 mit Abb. 16).

Aus der Gegenüberstellung des Verlaufs der in den bedeckten Gefäßen des 2. Gefäßversuchs ermittelten Gehalte an Ammoniak (Abb. 43) und Nitrat (Abb. 48) ließen sich unter Berücksichtigung des Verhaltens der Gesamtkeimzahlen (Abb. 31), der Zellulosezersetzer (Abb. 37), der Dehydrogenaseaktivität (Abb. 19) und schließlich der CO_2 -Entwicklung (Abb. 25) folgende Schlüsse ziehen:

1. Die in den Böden gefundenen Nitratmengen waren von der Düngungsart, der Intensität der Nitrifikation, der für die Nitrifikation zur Verfügung stehenden Ammoniakmengen und von den Zahlen der Mikroorganismen bzw. von ihrer Aktivität abhängig.
2. Durch die Zufuhr von Stroh ohne N-Ausgleichsdüngung (III), die eine starke Erhöhung sowohl der Keimzahlen (insbesondere die der Zellulosezersetzer) als auch ihrer Aktivität verursachte, waren die Mikroorganismen nur auf die bodenbürtigen N-Quellen angewiesen. Daher können die in dem mit Stroh allein versehenen Boden (III) vorhandenen geringeren Ammoniak- bzw. Nitratmengen bei der Kontrolle (I) nicht als eine Hemmung der Ammoniak- bzw. Nitratbildung betrachtet werden. Ebenso sind die im Vergleich mit UKa_1 (II) niedrigeren Ammoniak- bzw. Nitratmengen bei Stroh + UKa_1 (IV) und bei Stroh + UKa_2 (V) mit der Erhöhung von Zahl und Aktivität der Mikroorganismen durch die Zufuhr von Stroh zu erklären, die allerdings durch die UKa-Düngung noch verstärkt wurden.

3. Solange die nitrifizierenden Bakterien nicht gehemmt waren, war die Abnahme des Ammoniakgehaltes von einer Zunahme des Nitratgehaltes begleitet. Ein solches Verhalten wurde in den Böden ohne UKa-Düngung (Kontrolle I, Stroh allein III und besonders deutlich bei Stalldung VI) bereits in der ersten Woche nachgewiesen. In den mit UKa gedüngten Böden (UKa₁ II, Stroh + UKa₁ IV und Stroh + UKa₂ V) wurde ein solches Verhalten jedoch erst nach 2 Wochen festgestellt. Obwohl in diesen Böden bereits in den ersten 3 Tagen etwa 3- bis 5-mal soviel Ammoniak wie bei Stroh allein (III) vorhanden war, wiesen sie während der ersten Woche sogar niedrigere Nitratmengen auf als bei Stroh allein (III). Dadurch wird die aus dem 1. Gefäßversuch (Abb. 16) gezogene Schlußfolgerung gestützt, daß nämlich die UKa-Düngung sogar in einfacher Gabe (60 kg N/ha als Kalkstickstoff) zu einer Verzögerung der Nitratbildung geführt hat.
4. Die Hemmung der Nitratbildung durch die UKa-Düngung wurde gegenüber Stroh allein (III) bereits nach 2 Wochen überwunden, gegenüber der Kontrolle (I) jedoch erst nach 4 Wochen.
5. Durch die obengenannten Schlußfolgerungen konnte also bewiesen werden, daß der Ausdruck "Cyanamidschock" bei so niedrigen Kalkstickstoffgaben von 60 bzw. 120 kg N/ha nur dann eine gewisse Berechtigung hat, wenn es sich um großzellige Mikroorganismen (Pilze bzw. Aktinomyceten) oder um nitrifizierende Bakterien handelt.
6. Die intensivste Steigerung des Nitratgehaltes in dem mit Stalldung versehenen Boden (VI) kann trotz des niedrigen Ammoniakgehaltes nur dadurch erklärt werden, daß die Nitrifikation so intensiv war, daß die aus dem stickstoffreichen Stalldung erwartungsgemäß gebildeten größeren Ammoniakmengen - soweit die Mikroorganismen ihren zur Zellbildung erforderlichen Bedarf gedeckt haben - sofort zu Nitrat oxidiert wurden. Außerdem können die mit dem Stalldung zugeführten nitrifizierenden Bakterien für die sehr früh eingetretene intensive Nitrifikation verantwortlich gemacht werden, die bereits in den ersten 3 Tagen stärker als bei den anderen Düngungsvarianten war.

7. Die höchsten Ammoniakmengen wurden, wie bereits festgestellt, in der ersten Woche ermittelt, danach nahmen sie rasch ab und waren am 56. Tag völlig verschwunden. Demgegenüber wurden die niedrigsten Nitratmengen in der ersten Woche gefunden, im Laufe der Zeit nahmen sie unterschiedlich schnell zu, so daß am Ende des Versuchs (am 70. Tag) bei allen Düngungsvarianten der höchste Nitratgehalt festgestellt wurde. Diese entgegengesetzten Rhythmen der Ammoniak- bzw. Nitratbildung beruhen darauf, daß die Ammonifikation (wegen der schnelleren Entwicklung der ammonifizierenden Bakterien bzw. wegen ihres größeren Widerstandvermögens gegen hemmende Faktoren) eher einsetzte bzw. ihr Maximum schneller erreichte als die Nitrifikation. Weiter ist zu bedenken, daß eine größere Artenzahl von Mikroorganismen zur Ammoniakbildung befähigt ist, während die Nitrifikation nur durch die spezifischen Arten bewirkt wird. Außerdem wachsen die nitrifizierenden Bakterien langsamer, so daß während der ersten Wochen ein Überschuß an Ammoniak im Boden festzustellen war. Wurden die nitrifizierenden Bakterien dennoch gehemmt (z. B. durch die UKa-Düngung), dann vergrößerte sich der Überschuß an Ammoniak. Die Intensität der Nitrifikation nahm im Laufe der Zeit zu, so daß das im Boden vorhandene bzw. neugebildete Ammoniak restlos (56. Tag) zu Nitrat oxidiert wurde.
8. Die Möglichkeiten für einen Verlust des Stickstoffs im Boden waren in beiden Gefäßversuchen nicht gegeben, denn die Auswaschung der wasserlöslichen Stickstoffverbindungen (z.B. Nitrat und zum Teil auch Ammoniak) war deshalb nicht möglich, weil der Wassergehalt des Bodens auf etwa 60 % der Wasserkapazität konstant gehalten wurde. Noch weniger wahrscheinlich war das Entweichen des Ammoniaks, da die Reaktion (pH) der unterschiedlich gedüngten Böden im sauren Bereich lag (pH 4,7 bis 5,9). Außerdem war eine Umwandlung des Ammoniaks zum molekularen Stickstoff (N_2) - ein ausgesprochen anaerober Prozeß - nicht zu erwarten, da im Boden aerobe Verhältnisse herrschten.

Grundsätzlich ist festzustellen, daß die zugeführten Stickstoffmengen erst dann in Form von Nitrat-N im Boden quantitativ wiederge-

funden werden können, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt wurden, nämlich: a) die Ammonifikations- bzw. die Nitrifikationsprozesse sind nicht unterbunden, b) die Möglichkeit der N-Verluste, etwa durch Auswaschung oder durch Denitrifikation bzw. durch Entweichen des Ammoniaks, ist ausgeschlossen oder sehr gering, c) die Mineralisation der dem Boden zugeführten bzw. der im Boden vorhandenen organischen Substanz (auch mikrobieller Herkunft) ist soweit fortgeschritten, daß ein Gleichgewicht im Bereich des Minimums erreicht ist, in dem die zuerst im Boden vorhandene Stickstoffmenge für die mikrobiologische Aktivität ausreicht und d) bei den Ab-, Um- und Aufbauprozessen der organischen Substanz im Boden wird kein Stickstoff in schwerzersetzbaren organischen Verbindungen (z.B. die cyclischen Verbindungen der Huminsäuren) eingebaut. In den beiden Gefäßversuchen wurden, wie bereits dargelegt, die ersten drei Voraussetzungen erfüllt. Trotzdem wurden die in Form von Calciumcyanamid zugeführten N-Mengen UKa_1 = etwa 2 und UKa_2 = etwa 4 mg/100 g Boden auch nach 182 Tagen (1. Gefäßversuch) quantitativ in Form von Nitrat nicht wiedergefunden, obwohl sie bereits während der ersten Woche quantitativ in Ammoniak-N umgewandelt wurde (s. Abb. 43 und vgl. UKa_1 II bzw. Stroh + UKa_2 V gegenüber der Kontrolle I). Da in dem ersten bzw. in Gruppe a des zweiten Gefäßversuchs nur die Mikroorganismen zur Entwicklung kamen, ist zu vermuten, daß die nichtgefundene Nitratmenge doch in schwerzersetzbaren Verbindungen eingebaut wurde. Die Bestätigung einer solchen Vermutung könnte durch Erfassung der in den verschiedenen Humusfraktionen eingebauten Stickstoffmengen geliefert werden.

Kamen Algen, Moose und Unkräuter zur Entwicklung (Gruppe b, Gefäße nicht bedeckt, Abb. 49), dann ergab sich aus dem Vergleich mit den Nitratgehalten bei Gruppe a (Mikroorganismen allein, Abb. 48) folgendes (s. auch Tab. 14):

1. Der Nitratgehalt in den bewachsenen Gefäßen (Gruppe b) war nicht mehr von den Zahlen der Mikroorganismen bzw. ihrer Aktivität allein abhängig, wie es in den bedeckten Gefäßen (Gruppe a) der Fall war, sondern auch und in verstärktem Maße von dem Wachstum der Algen, Moose und Unkräuter.

T a b e l l e 14

Integrationswerte der NO₂-Kurven (Abb. 48-50) der 6 Düngungsarten unter Wirkung der biologischen Faktoren (Gruppen a, b, c und d)
(Integrationswerte = die von den Kurven gegenüber der Abzisse abgegrenzten Flächen in cm²)

Varianten	Zeitraumabschnitt												56.-84.Tag	14.-70.Tag*	70.-84.Tag	56.-70.Tag	14.-70.Tag*	56.-84.Tag		
	Gruppe																			
	a	b	c	e	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	d
I ohne Stroh, ohne N	54,6	41,7	25,9	63,4	36,1	14,7	68,6	25,2	6,0	70,8	9,1	0,7	3,6	1,4	1,6	265,4	112,1	47,3	2,1	5,2
																100,0	42,2	17,8		
																100,0	100,0	100,0		
II Ohne Stroh + UKa 1	55,7	18,2	25,9	92,4	29,1	15,1	112,4	44,1	6,3	129,2	29,8	0,7	3,0	1,4	1,9	389,7	121,2	48,0	2,1	4,2
																100,0	31,1	12,3		
																146,8	108,1	101,5		
III Stroh ohne N	17,2	7,7	11,6	24,2	0,4	0,7	27,3	0,4	0,4	40,6	1,4	0,7	6,1	1,1	2,5	102,3	2,2	13,4	1,8	8,6
																100,0	9,1	12,3		
																41,2	8,8	28,3		
IV Stroh + UKa 1	39,6	15,4	20,3	52,9	7,4	2,5	61,6	2,5	0,7	72,8	2,5	1,9	4,2	2,5	1,4	226,2	27,8	25,4	4,4	5,6
																100,0	12,3	11,2		
																85,5	24,8	53,7		
V Stroh + UKa 2	53,9	16,8	16,1	89,6	20,6	2,3	102,2	14,4	0,9	118,7	11,6	1,4	2,2	2,1	1,2	364,4	63,4	20,7	3,5	3,4
																100,0	17,4	5,7		
																137,3	56,6	4,8		
VI Stallmist	104,7	90,0	67,9	119,0	79,5	28,4	116,6	69,3	9,1	132,0	50,1	1,4	4,6	2,3	1,8	472,3	288,2	108,8	2,1	1,1
																100,0	51,2	2,4		
																176,0	27,7	2,4		

* 1. Reihe = Flächeninhalt, absolute Zahlen

2. Reihe = Relativwerte, horizontaler Vergleich

3. Reihe = Relativwerte, vertikaler Vergleich

Gruppe a = Gefäße bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen allein

Gruppe b = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen, Algen, Moosen und Unkräutern

Gruppe c = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen, Algen, Moosen, Unkräutern und Spinat

Gruppe d = Gefäße nicht bedeckt, Entwicklung von Bodenmikroorganismen, Algen, Moosen, Unkräutern und Spinat und Kopfdüngung (40 kg N/ha) am 55. Tag.

2. In den ersten 2 Wochen, während die Unkräuter auskeimten und die Algen und Moose noch nicht mit bloßem Auge zu erkennen waren, wurden in den bewachsenen Gefäßen (Gruppe b) etwa die gleichen oder etwas geringeren Nitratmengen gefunden wie in den bedeckten Gefäßen (Gruppe a). Von der 2. Woche an vergrößerten sich jedoch die Unterschiede, und zwar deshalb, weil der Nitratgehalt in den bewachsenen Gefäßen abnahm (Kontrolle I, Stroh allein III, Stroh + UKa₁ IV und Stalldung VI) oder eine nur leichte Zunahme zeigte (UKa₁ II und Stroh + UKa₁ V), während er in den bedeckten Gefäßen (Gruppe a, Abb. 48) bei allen Düngungsvarianten stets zunahm.
3. Wie aus dem Vergleich der Abb. 48 und 49 bzw. den Zahlen von Gruppe a und b in Tab. 14 hervorgeht, war eine Wechselbeziehung zwischen dem Nitratgehalt einerseits und dem Wachstumszustand der Algen, Moose, Unkräuter und Mikroorganismen andererseits festzustellen, und zwar insofern, als die bessere Stickstoffversorgung (UKa₁ II, Stroh + UKa₁ IV und Stroh + UKa₂ V) zu einem stärkeren Wachstum der Algen, Moose, Unkräuter und der Mikroorganismen führte als bei den schlechter versorgten Böden (Kontrolle I, Stroh allein III). Dadurch kam es im ersten Falle zu einer größeren Nitrataufnahme. Die durch das Bewachsen des Bodens (Gruppe b) verursachte Abnahme des Nitratgehalts gegenüber Gruppe a war allerdings je nach Düngungsart unterschiedlich. Eine solche Abnahme war sowohl vom Wachstumszustand der Algen, Moose und Unkräuter als auch von den Zahlen der Mikroorganismen bzw. ihrer Aktivität abhängig, denn die größte Abnahme wurde in den mit Stroh + UKa₂ (V) versehenen Gefäßen ermittelt, in denen Algen, Moose und Unkräuter sehr gut wuchsen und die Zahlen der Mikroorganismen groß bzw. ihre Aktivität sehr stark war. Außerdem war der Nitratgehalt bei UKa₁ (II) höher als bei Stroh + UKa₁ (IV), obwohl Algen, Moose und Unkräuter besser auf UKa₁ (II) wuchsen und demzufolge mehr Nitrat aufgenommen haben mußten. Dafür können nur die höheren Zahlen bzw. die stärkere Aktivität der Keime bei Stroh + UKa₁ (IV) als bei UKa₁ (II) verantwortlich gemacht werden. Weiterhin wurde relativ die geringste Abnahme des Nitrats durch das Wachsen von Algen, Moosen und Un-

kräutern gegenüber Gruppe a bei Stalldung (VI) ermittelt, obwohl in dieser Düngungsvariante die höchsten Keimzahlen bzw. die stärkste DHA nachgewiesen wurde. Dieses Verhalten lag daran, daß die Unkräuter auf dem mit Stalldung versehenen Boden (VI) kaum und die Algen und Moose nur schwach wuchsen. Deshalb wurden geringere Nitratmengen von den höheren Pflanzen aufgenommen, so daß größere Nitratmengen im Boden übrigblieben.

4. Der Nitratgehalt nahm weiter ab, obwohl die Unkräuter am 45. Tag entfernt wurden, weil Algen und Moose weiter wuchsen und für den Abbau der abgestorbenen Wurzeln auch Stickstoff benötigt wurde. Der Beweis für einen solchen Abbau während der letzten 2 Wochen - also etwa 1 Woche nach der Entfernung der Unkräuter - wurde durch den Anstieg der Gesamtkeimzahlen (Abb. 32), den Anstieg der Zahlen der Zellulosezersetzer (Abb. 38) und durch die Zunahme der DHA (Abb. 20) erbracht.

In den Gefäßen der Gruppe c (Abb. 50), in denen außer Algen, Moosen und Unkräutern zusätzlich Spinat wuchs, wurden am 14. Tag - einige Tage nach der Auskeimung der Spinatsamen - etwa die gleichen Nitratmengen gefunden wie in den bedeckten Gefäßen (Gruppe a, Abb. 48) bzw. bei allen Düngungsvarianten größere Mengen als bei Gruppe b (Abb. 49). Nur bei der Kontrolle (I) war das nicht der Fall. Die Erklärung dafür war bei den Gesamtkeimzahlen zu finden, denn, wie aus den Abb. 31, 32 und 33 hervorgeht, wurden am 14. Tag infolge der Hemmung durch die Spinatkeimlinge (Gruppe c) Keimzahlen gefunden, die bei den meisten Varianten bis auf etwa die Hälfte verglichen mit Gruppe a (bis etwa 43 Mill. Keime/g Boden weniger) bzw. bis auf etwa 1/3 verglichen mit Gruppe b (bis zu ca. 82 Mill. Keime/g Boden weniger) herabgesetzt waren. Solche Abnahmen der Keimzahlen führten zu einem Absinken ihres Nitratverbrauchs. Da in den Gefäßen der Gruppe c etwa die gleichen Nitratmengen gefunden wurden wie in den bedeckten Gefäßen (Gruppe a), liegt die Vermutung nahe, daß ein Teil des Nitrats von den Keimlingen der Unkräuter (etwa 8-10 Tage alt) und des Spinats (etwa 4-6 Tage alt) aufgenommen wurde. Außerdem war die Nitrataufnahme am 14. Tag bei Gruppe b

durch die Mikroorganismen, die nicht gehemmt, sondern sogar gefördert wurden und durch die Unkräuter so stark, daß die übriggebliebenen Nitratmengen in den meisten Varianten geringer als bei Gruppe c bzw. a waren.

Nach dem 14. Tag war der Stickstoffverbrauch bei Gruppe c höher gestiegen als bei Gruppe b oder a, so daß die im Boden übriggebliebenen Nitrat- bzw. Ammoniakmengen nicht nur geringer als bei Gruppe b oder a waren, sondern auch eher als bei Gruppe b verschwanden (vgl. Abb. 43, 44 und 45 bzw. 48, 49, 50, s. auch Tab. 13 und 14). Dafür geben folgende Tatsachen eine Erklärung:

1. Die während der Auskeimung des Spinats (in den ersten 2 Wochen) in den Gefäßen der Gruppe c festgestellte Hemmung der Mikroorganismen wurde während der darauffolgenden Zeit nicht nur aufgehoben, sondern sie zeigten auch höhere Keimzahlen bzw. eine stärkere Aktivität als die Gefäße der Gruppe b und a. Ein solches Verhalten konnte nur einen höheren N-Verbrauch durch die Mikroorganismen aus den Böden der Gruppe c als aus denen der Gruppe b und a zur Folge haben.
2. In den Gefäßen der Gruppe c wuchsen außer Algen, Moosen und Unkräutern - wie es in den Gefäßen der Gruppe b der Fall war - zusätzlich die Spinatpflanzen, die zu einem stärkeren Verbrauch von Ammoniak und Nitrat führten.

Das Entfernen der Unkräuter am 34. Tag verzögerte die Abnahme des Nitrat- bzw. Ammoniakgehalts in der darauffolgenden Zeit nicht, weil die Spinatpflanzen weiter wuchsen und für den Abbau der abgestorbenen Wurzeln der Unkräuter Stickstoff benötigt wurde. Wie auch bei Gruppe b wurden nach dem Entfernen der Unkräuter hier sowohl höhere Keimzahlen als auch stärkere DHA ermittelt.

Die Wechselbeziehung zwischen dem Nitratgehalt einerseits und dem Wachstumszustand der höheren Pflanzen und der Mikroorganismen (sowohl ihre Zahlen als auch ihre Aktivität) andererseits, die bei Gruppe b festgestellt wurde, konnte bei Gruppe c eindeutig bestätigt werden.

Die mit der N-Kopfdüngung am 55. Tag in Höhe von 40 kg N/ha als Ammoniumnitrat dem Boden zugeführte Nitratmenge konnte nach 1 Tag (56. Tag) nicht quantitativ erfaßt werden (Gruppe d, Abb. 50 rechts und Tab. 14). Der Nitratgehalt war bei Gruppe d allerdings etwas höher als bei Gruppe c. Das deutet darauf hin, daß die Kopfdüngung mit Ammoniumnitrat zwar den Nitratgehalt erhöhte, jedoch wurde ein Teil bereits während des darauffolgenden Tages aufgenommen. Bis zum völligen Verschwinden der mit der Kopfdüngung zugeführte Nitratmenge dauerte es länger (etwa 8 Tage nach der Kopfdüngung) als beim Ammoniak, das bereits 3 Tage nach der Kopfdüngung nicht mehr nachzuweisen war (vgl. Abb. 50 rechts und 45 rechts). Die längere Erhaltung des Nitrats ist vermutlich darauf zurück zu führen, daß ein Teil des mit der Kopfdüngung zugeführten Ammoniaks nitrifiziert wurde, und damit das aufgenommene Nitrat zum Teil ersetzte.

Der Einfluß der verschiedenen Düngungsarten auf den Nitratgehalt des Bodens wurde auch in Summenkurven (Abb. 51 und 52) dargestellt. Aus dem Vergleich der Gruppe a des 2. (Abb. 51 und 52) und des 1. Gefäßversuchs (Abb. 17) ließ sich folgendes ableiten:

1. Die absoluten Werte des Nitrats in den Böden des 2. Gefäßversuchs waren im Gegensatz zu den anderen Untersuchungen (DHA usw.) etwas niedriger als die des ersten, und zwar bei allen Düngungsvarianten. Dieses Verhalten lieferte einen weiteren Beweis dafür, daß die Zunahme der Keimzahlen (Gesamtkeimzahlen und die Zahlen der Zellulosezerersetzer) bzw. ihre Aktivität (DHA und CO_2 -Entwicklung) mit einer Abnahme des Nitratgehalts im Boden verbunden ist.
2. Trotz der unterschiedlichen Werte zeigten die Summenkurven beider Gefäßversuche einen analogen Verlauf, wie es auch bei den anderen Untersuchungen (Ammoniakgehalt usw.) der Fall war.
3. Diese Tatsache beweist, daß auch die Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf die Nitratbildung im Boden einer Gesetzmäßigkeit unterlag (s. auch die Kurven der Einzelwerte, Abb. 16 und 48), und zwar insofern, als auch im 2. Gefäßversuch die intensivste Nitratbildung während der ersten zwei Wochen stattfand,

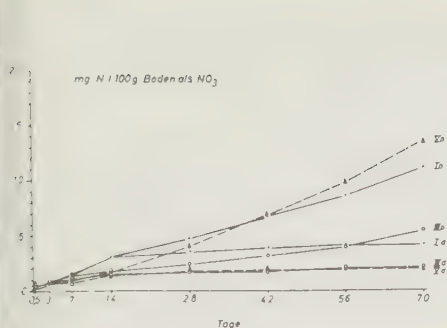


Abb. 51

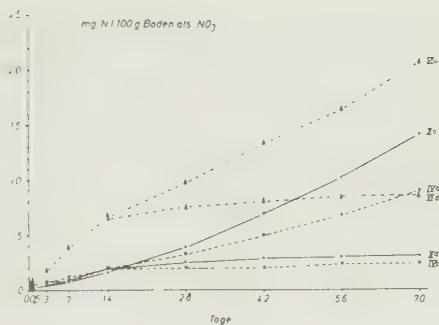


Abb. 52

Abb. 51-52 Einfluß der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung auf den Nitratgehalt im Boden (Summenkurven)

Gruppe a: Bodenmikroorganismen allein

Gruppe d: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter
+ Spinat + Kopfdüngung
mit 40 kg N/ha als Ammoniumnitrat nach 55 Tagen

solange die Nitrifikation nicht gehemmt wurde (Kontrolle I, Stroh allein III und Stalldung VI). Erst als die hemmende Wirkung des Calciumcyanamids auf die nitrifizierenden Bakterien aufgehoben wurde (etwa 2 Wochen nach der Düngung, UKa₁ II, Stroh + UKa₁ IV und Stroh + UKa₂ V), war in den darauffolgenden zwei Wochen die intensivste Nitrifikation festzustellen. Außerdem waren die Mengen des gefundenen Nitrats von der Höhe der Kalkstickstoffgabe (vgl. Stroh + UKa₁ IV mit Stroh + UKa₂), der Zufuhr von Stroh (vgl. Stroh allein III mit der Kontrolle I und Stroh + UKa₁ IV bzw. Stroh + UKa₂ V mit UKa₁ II) und schließlich von den Zahlen der Bodenmikroorganismen bzw. ihrer Aktivität abhängig, wie es auch bei der Besprechung der Summenkurven des Ammoniaks festgestellt wurde.

4. Die Rangfolge der Düngungsarten in ihrer Wirkung auf den Nitratgehalt des Bodens wurde im 2. Gefäßversuch im Vergleich zum ersten nur insofern geändert, als die Variante Stroh + UKa₂ (V) von der vierten auf die zweite Stelle rückte.

Werden die Summenkurven des Nitrats von Gruppe a und d des 2. Gefäßversuchs untereinander verglichen (Abb. 51 und 52), dann ergibt sich folgendes:

1. Während in den bedeckten Gefäßen (Gruppe a, Mikroorganismen allein) sich eine ständige Anhäufung des Nitrats im Laufe der Zeit ergab, wurde wegen des Wachstums von Algen, Moosen und höheren Pflanzen (Unkräuter und Spinat) bereits nach den ersten 2 Wochen in den Gefäßen der Gruppe d nur eine sehr geringe Zunahme des Nitrats nachgewiesen.
2. Mit fortschreitendem Wachstum der höheren Pflanzen wurden die Unterschiede in Gruppe a stets vergrößert (vom 14. Tag an).
3. Da diese Unterschiede durch das zusätzliche Wachstum anderer Organismen bzw. durch eine höhere Aktivität der Mikroorganismen verursacht wurde, waren sie auch von dem Wachstumsgrad dieser Organismen abhängig (Algen, Moose und höhere Pflanzen,) und zwar waren diese Unterschiede bei den Düngungsvarianten am größten, die ein gutes Wachstum der Algen, Moose und höheren Pflanzen ermöglichten (UKa₁ II und Stroh + UKa₂ V) bzw., die eine starke mikrobiologische Aktivität zeigten (Stroh + UKa₂ V und Stalldung VI).
4. Die Rangfolge der verschiedenen Düngungsvarianten in ihrer Wirkung auf den Nitratgehalt des Bodens wurde durch das Wachstum höherer Pflanzen (Gruppe d) stark beeinflusst. Die Summe der gefundenen Nitratmengen war in den mit Stroh versehenen Böden am niedrigsten (Stroh allein III, Stroh + UKa₁ IV und Stroh + UKa₂ V). In den Böden ohne Zufuhr von Stroh (UKa₁ II und Kontrolle I) war sie etwas höher und der Stalldung (VI) wies die höchste Summe auf.

6.5.3 Die Wirkung der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stalldung unter dem Einfluß der verschiedenen biologischen Faktoren auf die Reaktion (pH) des Bodens (Abb. 53 u.54)

In den bedeckten Gefäßen des 2. Gefäßversuchs (Gruppe a, Mikroorganismen allein, Abb. 53) waren die Voraussetzungen, wie bereits erwähnt, die gleichen, wie in denen des ersten. Daher wurden erwartungsgemäß in beiden Gefäßversuchen nicht nur etwa die gleichen pH-Zahlen am Anfang ermittelt, sondern sie zeigten auch einen analogen Verlauf. Daher wurden die bereits im 1. Gefäßversuch festgestellten Tatsachen (Abb. 18) eindeutig bestätigt, nämlich:

1. Eine Stunde nach der Wiederbefeuchtung des lufttrocken gelagerten Bodens (2. Gefäßversuch) bzw. nach 12 Stunden (1. Gefäßversuch) konnten bereits in den verschieden gedüngten Böden unterschiedliche pH-Werte erfaßt werden.
2. Diese Unterschiede wurden im Laufe der Zeit etwas geringer. In beiden Gefäßversuchen blieben sie jedoch bis zum Ende erhalten.
3. Die beiden oben erwähnten Tatsachen haben also bewiesen, daß die langjährige unterschiedliche Düngung offenbar zu Änderungen der Bodenreaktion geführt hat. Solche Änderungen sind sowohl unmittelbar nach der Düngung als auch noch nach etwa 6 Monaten feststellbar. Ebenso sind sie im Feldversuch nach Jahren vorhanden (s. die pH-Zahlen des Feldversuchs Kleinseelheim).
4. Diese durch die unterschiedliche Düngung verursachten Änderungen der Bodenreaktion bestanden darin, daß die direkte Anwendung von Stroh (Stroh allein III, Stroh + UKa₁ IV und Stroh + UKa₂ V) zu einer Anhebung der Bodenreaktion gegenüber der Kontrolle (I) führte. Weiterhin wurde eine noch stärkere Wirkung als die des Strohs (III) durch die UKa-Düngung (II) erzielt. Allerdings hielt die überlegene Wirkung der UKa-Düngung (II) gegenüber Stroh allein (III) nur während der ersten 4 Wochen an, danach zeigten beide die gleichen pH-Zahlen oder die UKa₁-Parzelle (II) war unterlegen. Wurde dem Boden außer dem Stroh die einfache UKa-Gabe (IV) zugeführt, dann erhöhte sich seine Reaktion gegenüber

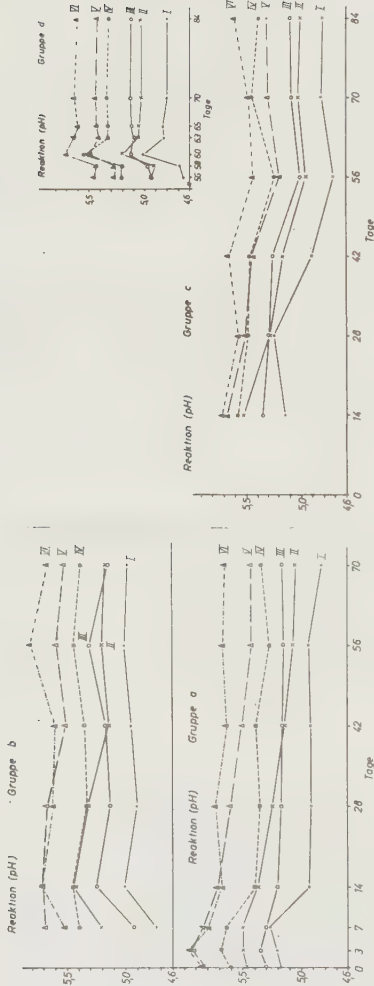


Abb. 53

Abb. 54

Einfluß der direkten Anwendung von Stroh, Kalkstickstoff bzw. Stallung in Verbindung mit den verschiedenen biologischen Faktoren auf die Reaktion (pH) des Bodens

- Gruppe a: Bodenmikroorganismen allein
 Gruppe b: Bodenmikroorganismen + Algen + Moose + Unkräuter
 Gruppe c: wie Gruppe b + Spinat
 Gruppe d: wie Gruppe c + Kopfdüngung mit 40 kg N/ha als Ammoniumnitrat nach 55 Tagen

Abb. 53-54

der Kontrolle stärker als bei Stroh allein (III) oder als bei UKa_1 (II). Ein weiterer Anstieg der pH-Zahlen wurde durch die doppelte UKa -Gabe zu Stroh (V) erzielt. Sie waren während der ersten 2 Wochen sogar höher als die des mit Stalldung versehene Bodens (VI). Allerdings wurden von der 4. Woche an infolge der stets stärkeren Abnahme der Reaktion bei Stroh + UKa_2 (V) bei Stalldung (VI) höhere pH-Zahlen ermittelt. Sie zeigten die höchsten Werte von allen Düngungsvarianten.

5. Die Anhebung der Bodenreaktion durch die Zufuhr organischer Substanz (Stroh oder Stalldung) ist damit zu erklären, daß sie bzw. ihre Abbauprodukte eine große Pufferungskapazität besitzen. Dadurch wird der Säureeffekt der aus dem Stoffwechsel der Mikroorganismen anfallenden sauren Verbindungen aufgefangen. Da die Pufferungskapazität der organischen Substanz je nach ihrer Beschaffenheit unterschiedlich ist, wurde durch die Zufuhr von Stalldung (VI), der durch die Vorrotte in der Düngerstätte mit Humus angereichert wurde, eine stärkere Erhöhung der Bodenreaktion erzielt als durch die Zufuhr von Stroh (Stroh allein III, Stroh + UKa_1 IV und Stroh + UKa_2 V).
6. Die alkalischen Abbauprodukte des Calciumcyanamids, Calciumhydroxid und Ammoniak waren die Ursache dafür, daß in den mit UKa gedüngten Böden (UKa_1 II, Stroh + UKa_1 IV und Stroh + UKa_2 V) höhere pH-Werte erzielt wurden als ohne UKa -Düngung (Kontrolle I und Stroh allein III).
7. Die Bodenreaktion nahm bei allen Düngungsvarianten im Laufe der Zeit ab. Eine solche Abnahme war, abgesehen von den ersten 3 Tagen, während der ersten 2 Wochen am stärksten, also in einer Zeitspanne, in der die höchsten Keimzahlen und die stärkste Enzymaktivität (DHA) ermittelt wurden. Daher ist zu vermuten, daß dieses Absinken der Bodenreaktion durch die aus dem intensiven Stoffwechsel der Mikroorganismen produzierten organischen Säuren verursacht wurde. Von der 2. Woche an blieb die Reaktion in den Böden ohne UKa -Düngung (Kontrolle I, Stroh allein III und Stalldung VI) fast unverändert. In den mit UKa gedüngten Böden (UKa_1 II und Stroh + UKa_2 V) nahm sie jedoch weiter ab. Das lag

vermutlich daran, daß das alkalisch reagierende Ammoniak durch die Nitrifikation zu dem sauer reagierenden Nitrat oxidiert wurde. Dieser Prozeß wurde bereits festgestellt. Weiterhin ist anzunehmen, daß das Calciumhydroxid bei der Neutralisation der vorhandenen organischen Säuren bereits verbraucht wurde, so daß die nach den ersten 2 Wochen neugebildeten Säuren nicht oder nur zum Teil neutralisiert werden konnten.

8. Die lang anhaltende positive Wirkung der UKa-Düngung auf die Reaktion eines sauren Bodens, wie vom Standort Kleinseelheim (s. auch die pH-Zahlen der Feldversuche), kann dadurch erklärt werden, daß die Abbauprozesse der stickstoffarmen Getreidereste (abgestorbene Wurzeln II bzw. Strohgabe IV und V) durch die N-Ausgleichsdüngung günstiger gelenkt wurden, so daß es zum Aufbau von Humusstoffen kam, die eine starke Pufferkapazität aufwiesen. Diese Vermutung könnte allerdings nur durch eine Untersuchung der Humusbildung bzw. Humusqualität geklärt werden.

In den unbedeckten Gefäßen, auf deren Böden Algen, Moose und Unkräuter zur Entwicklung kamen (Gruppe b, Abb. 53), wurden in der Zeit nach den ersten 2 Wochen - also nach Auskeimung der Unkräuter - bis zur 7. Woche - vor dem Entfernen der Unkräuter - bei allen Düngungsvarianten etwa die gleichen pH-Werte ermittelt wie in den bedeckten Gefäßen (Gruppe a, Mikroorganismen allein, Abb. 53). Am 7. Tag wurden dagegen in allen Gefäßen der Gruppe b - also unmittelbar nach Auskeimung der Unkräuter - wesentlich niedrigere pH-Werte ermittelt als in denen der Gruppe a. Ein solches Verhalten lag vermutlich daran, daß die Freisetzung organischer Säuren während der Auskeimung der Samen der Unkräuter intensiv war. Außerdem ist durchaus denkbar, daß bei Gruppe b die gegenüber Gruppe a wesentlich höheren Keimzahlen zu einer intensiveren Säurebildung geführt haben. Das Ausmaß dieses Absinkens der Bodenreaktion war von der Pufferungskapazität des Bodens abhängig, denn:

1. Das größte Absinken war bei der Kontrolle (I) und das kleinste bei der Variante Stalldung (VI) festzustellen.

2. In dem mit Stroh allein versehenen Boden (III) war die Abnahme der Reaktion größer als in den mit UKa zu Stroh gedüngten Böden (IV und V), die durch die Freisetzung von Ammoniak und Calciumhydroxid in der Lage waren, größere Mengen der freigesetzten Säuren zu neutralisieren.

Am 56. Tag - also 12 Tage nach dem Entfernen der Unkräuter - wurde in allen Gefäßen der Gruppe b ein leichter Anstieg der Bodenreaktion festgestellt, so daß die pH-Zahlen höher waren als bei Gruppe a. Dieses Verhalten ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß mit dem Entfernen der Unkräuter die Abgabe ihrer sauer reagierenden Ausscheidungen unterbunden wurde. In den darauffolgenden 2 Wochen (am 70. Tag) wurde eine Abnahme der Bodenreaktion nachgewiesen. Dafür können die bei dem Abbau der abgestorbenen Wurzeln der Unkräuter freigesetzten organischen Säuren verantwortlich gemacht werden.

Die Rangfolge der verschiedenen Düngungsarten in ihrer Wirkung auf die Bodenreaktion wurde durch das Wachstum von Algen, Moosen und Unkräutern nicht beeinflusst.

Kam außer Algen, Moosen und Unkräutern der Spinat zur Entwicklung (Gruppe c, Abb. 54), dann ergab sich folgendes:

1. Am 14. Tag - also 4-6 Tage nach der Auskeimung der Spinatsamen - wurden in den Gefäßen der Gruppe c entweder etwa die gleichen pH-Zahlen wie bei Gruppe a oder b (Stroh + UKa₂ V und Stalldung VI) oder höhere (Kontrolle I, UKa₁ II, Stroh allein III und Stroh + UKa₁ IV) ermittelt. Eine Erklärung für dieses Verhalten an Hand der in dieser Arbeit erbrachten Tatsachen war nicht möglich, denn der Gedanke, das Anheben der Bodenreaktion bei den Varianten I, II, III und IV auf die bei der Auskeimung des Spinats in allen Düngungsvarianten festgestellten starken Abnahme der Gesamtkeimzahlen zurückzuführen, hätte bedeuten müssen, daß in den Varianten V und VI auch eine Erhöhung der Bodenreaktion stattgefunden hätte. Noch weniger wahrscheinlich war es, die Gründe darin zu suchen, daß die Ausscheidungen während der Auskeimung der Spinatsamen in dem verschieden gedüngten Boden von

so unterschiedlicher Beschaffenheit bzw. Menge waren, daß sie bei einigen Düngungsvarianten zur Erhöhung der Bodenreaktion führten und bei den anderen nicht.

2. Vom 14. bis zum 42. Tag nahm die Bodenreaktion bei allen Varianten, außer bei der Kontrolle (I), ab. Trotzdem blieb sie bei den Varianten UKa₁ II, Stroh allein III und Stroh + UKa₁ IV der Gruppe c höher als die der Gruppe a oder b.
3. Der Abbau der abgestorbenen Wurzeln der am 34. Tag entfernten Unkräuter führte bei allen Düngungsvarianten der Gruppe c, wie bereits bei Gruppe b festgestellt wurde, auch zu einer Abnahme der Bodenreaktion. Sie konnte auch erst etwa 3 Wochen nach dem Entfernen der Unkräuter nachgewiesen werden. Dadurch waren die pH-Werte am 56. Tag bei allen Düngungsvarianten der Gruppe c niedriger als bei Gruppe a bzw. noch niedriger als bei Gruppe b.
4. Wegen der geringeren Pufferungskapazität des jahrelang weder organisch noch mit UKa gedüngten Bodens (Kontrolle I) waren die Schwankungen der Reaktion größer als bei den anderen Varianten.
5. Die Rangfolge der verschiedenen Düngungsarten in ihrer Wirkung auf die Bodenreaktion wurde durch das zusätzliche Wachstum des Spinats (Gruppe c) nur insofern geändert, als die Variante Stroh + UKa₁ (IV) von der dritten auf die zweite Stelle rückte.

Die Kopfdüngung mit Ammoniumnitrat am 55. Tag (Gruppe d, Abb. 54, oben rechts) führte zunächst zu keiner Änderung der Bodenreaktion gegenüber Gruppe c (Abb. 54, unten). Erst 5 Tage nach ihrer Zufuhr war eine bei allen Düngungsvarianten gleiche Erhöhung der pH-Zahlen festzustellen. Sie nahmen aber auch bei allen Varianten in den darauffolgenden 3 Tagen wieder ab und blieben bis zum Versuchsende (3 Wochen lang) unverändert. Allerdings lagen die pH-Zahlen während dieser Zeit etwas höher als die sofort nach der Kopfdüngung ermittelten Zahlen. Am 84. Tag zeigten sie jedoch gegenüber Gruppe c keine Unterschiede mehr. Die Zunahme der Bodenreaktion nach der Kopfdüngung kann auf das alkalisch reagierende Ammoniak, das dem Boden durch die Kopfdüngung zugegeben wurde, zurückgeführt werden.

Ebenso ist das darauffolgende Absinken der pH-Zahlen mit der Oxidation des Ammoniaks zu dem sauer reagierenden Nitrat (Nitrifikation) zu erklären.

Die Rangfolge der verschiedenen Düngungsarten blieb die gleiche wie bei Gruppe a und b.

VII. Kapitel

Diskussion

Aus den Ergebnissen der langjährigen Feldversuche (10-12 Jahre gelaufen) des 1. (6 Monate) und des 2. Gefäßversuchs (3 Monate) wurde es unternommen, folgende Fragen zu beantworten:

1. Wie wirkt die Unterbringung von unverrottetem Getreidestroh (50 bis 60 dz/ha) auf folgende Merkmale der mikrobiologischen Aktivität des Bodens: Enzymaktivität (Dehydrogenaseaktivität), Bodenatmung (CO_2 -Entwicklung), Zahl der verschiedenen Mikroorganismen des Bodens (Bakterien, Azotobakterzellen, Pilze, Aktinomycceten und Zellulosezersetzer) und Ammoniak- bzw. Nitratbildung, außerdem Bodenreaktion?
2. Wird die mikrobiologische Aktivität des Bodens durch die Düngung mit Kalkstickstoff (ungeölt, UKa) nachteilig beeinflusst (Cyanamidschock)?
3. Läßt sich die Wirkung der Einarbeitung von Stroh durch die N-Ausgleichsdüngung in unterschiedlichen Mengen von Kalkstickstoff ($\text{UKa}_1 = 40-60$ und $\text{UKa}_2 = 60-120$ kg N/ha) beeinflussen?
4. Ist die UKa-Düngung zu Stroh termingebunden (Herbst oder Frühjahr)?
5. Wie ist die Wirkung der obengenannten Düngungsmöglichkeiten im Vergleich zu Stalldung (250 dz/ha)?
6. Führt die in der Praxis übliche Kombination von Gründüngung (in diesem Fall Lihoraps) und Strohunterbringung zu einem erhöhten Effekt der beiden Komponenten auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens?
7. Besteht ein Parallelismus zwischen der mikrobiologischen Aktivität des Bodens und den Erträgen der angebauten Versuchspflanzen?
8. Ist es von der mikrobiologischen Sicht her erlaubt, von einer Strohdüngung zu sprechen?

9. Wenn ja, kann die Stallmistdüngung - wiederum aus der mikrobiologischen Sicht - durch Stroh ersetzt werden?
10. Wenn ja, unter welchen Umständen?

Bei der Beantwortung der gestellten Fragen ist es schwierig, sie exakt voneinander zu trennen, da die zwischen ihnen bestehenden Zusammenhänge recht eng sind. Außerdem werden bei der Diskussion andere Fragen erörtert, die während der Untersuchungen auftauchten. Daher wird es nicht möglich sein, die Reihenfolge der Fragen einzuhalten.

1. Die Unterbringung von unverrottetem Getreidestroh (50-60 dz/ha), die eine Zufuhr von mikrobiell leichtzersetzbarer organischer Substanz bedeutet (s. Tab. 1), rief ein reges Bodenleben hervor, das in der Förderung der Dehydrogenaseaktivität (DHA), der Bodenatmung (CO_2 -Entwicklung) bzw. in der Anhebung der Gesamtkeimzahlen, der Zahlen der Pilze, der Aktinomyceten, der Zellulosezerersetzer und schließlich der Bodenreaktion (pH) ihren Ausdruck fand. Das Ausmaß dieser Wirkung wurde u.a. von der Stickstoffversorgung, der Anwesenheit höherer Pflanzen, der Jahreszeit (klimatische Verhältnisse, wie Temperatur und Feuchtigkeit) und schließlich von der Bodenreaktion beeinflusst.
2. Die den Feldversuchen analogen und unter kontrollierten Bedingungen durchgeführten Gefäßversuche ließen erkennen, daß die Wirkung der direkten Anwendung von Stroh auf jede Komponente der mikrobiologischen Aktivität des Bodens einem gesetzmäßigen zeitlichen Rhythmus unterworfen ist. Diese Rhythmen bestanden im allgemeinen darin, daß die stärkste Förderung innerhalb der ersten 4 Wochen nach der Zufuhr des feingemahlten Wi-Weizenstrohs eintrat, abgesehen davon, daß die maximalen Zahlen der Aktinomyceten erst 42-75 Tage nach der Strohzufuhr ermittelt wurden.
3. Als erste positive Reaktion war bei allen Düngungsvarianten das Maximum der CO_2 -Entwicklung festzustellen (in den ersten 24 Stunden nach der Wiederbefeuchtung des für die Gefäßversuche lufttrocken gelagerten Bodens). Bei den anderen Untersuchungen

traten die maximalen Werte etwas später auf, und zwar war die stärkste Ammoniakbildung in den ersten 3 Tagen, die stärkste DHA, die höchsten Gesamtkeimzahlen, Zahlen der Pilze bzw. der Zellulosezerersetzer vom 7. bis zum 14. Tag zu ermitteln. Diese schnell eintretende Förderung nach der Wiederbefeuchtung des lufttrocken gelagerten Bodens (Gefäßversuche, Lagerung ca. 12 Wochen) bzw. diese am Anfang beobachteten unterschiedlichen Rhythmen beruhen zum Teil auf der Wirkung der Trocknung und Wiederbefeuchtung des Bodens. Da die Ergebnisse der Gefäßversuche in den ersten Tagen sowohl eine Folge der Wiederbefeuchtung des getrockneten Bodens als auch der Maßnahmen der Düngung sein können, ist zunächst zu ermitteln, von welchem Zeitpunkt an die Ergebnisse ausschließlich von der Düngung bestimmt werden. Besonders deutlich war die Wirkung der Wiederbefeuchtung nach der Trocknung auf die CO_2 -Entwicklung ausgeprägt. Die auch von anderen Autoren festgestellte maximale CO_2 -Entwicklung während der ersten 24 Stunden (auch von STEVENSON, 1956; GRIFFITHS und BIRCH, 1961; NUHL, 1963; FREYTAG, 1967; JAGNOW, 1967 und BECK, 1968) ist auf die schnelle Zersetzung der durch die Trocknung verursachten Zunahme der wasserlöslichen organischen Substanzen (u.a. BIRCH, 1958 und 1959), insbesondere der Aminosäuren (bis auf etwa das 16-fache, STEVENSON, 1956 und PAUL und TU, 1965) zurückzuführen. Einen weiteren Beweis dafür lieferte JAGNOW (1967), in der Feststellung, daß in einem Göttinger Lösslehm die Mikrokokken sich innerhalb der ersten 6 Stunden nach der Wiederbefeuchtung auf etwa das 2-fache vermehrt hatten. Bis zum 3. Tag nahmen ihre Zahlen etwas ab, danach war eine weitere Zunahme bis zum 5. Tag (Versuchsende) festzustellen. Da bei der Bestimmung der Gesamtkeimzahlen alle auf Bodenextrakt-Agar wachsenden Kolonien gezählt wurden, konnte im Gegensatz zu JAGNOW eine solche Abnahme nicht erfaßt werden. Die maximalen Keimzahlen (etwa 6-10-fach höher als Ausgangszahlen) wurden allerdings erst am 14. Tag ermittelt. Demzufolge ist also deutlich, daß die unterschiedlichen Keimzahlen nach dem 3. Tag nur durch die Düngung bedingt sind, da die Wirkung der Wiederbefeuchtung bereits abgeklungen oder zumindest geschwächt wurde. Noch deutlicher als bei den

Gesamtkeimzahlen war die kurzfristige Wirkung der Wiederbefeuchtung innerhalb der ersten 3 Tage auf die Zelluloseersetzer ersichtlich. So nahmen die Zahlen der aeroben zelluloseersetzenden Bakterien innerhalb der ersten 12 Stunden zu und weiter bis zum 3. Tag wieder ab (1. Gefäßversuch, Abb. 8). Ein solcher Verlauf wurde von JAGNOW (1967) festgestellt. Danach nahmen ihre Zahlen infolge der Düngung unterschiedlich stark zu (bis auf etwa das 400-fache der Anfangszahlen), so daß die maximalen Zahlen bereits am 7. Tag ermittelt wurden. Die maximalen DHA-Werte und Pilzzahlen wurden ebenfalls am 7. Tag erfaßt. Für die früh eintretende starke Ammoniakbildung ist - außer der bereits erwähnten Zunahme der Aminosäuren durch Bodentrocknung - in der Arbeit von JAGNOW (1967) eine weitere Erklärung zu finden. Er stellte fest, daß die Zahl der Eiweißersetzer sich innerhalb der ersten 12 Stunden nach der Wiederbefeuchtung stärker als die übrigen Bakteriengruppen vermehrte, nämlich von 0,5 auf 500 Mill./g Boden und ihre Zahlen bis zum 5. Tag hoch blieben.

Während der ersten 3 Tage, in denen die Wirkung der Trocknung und Wiederbefeuchtung zur Geltung kam, waren die Unterschiede zwischen den verschiedenen Düngungsvarianten zwar geringer als nachher, waren jedoch vorhanden. Diese Unterschiede können auf die frische Wirkung der Düngungsarten allein nicht zurückgeführt werden, da der für die Gefäßversuche ausgewählte Boden aus einem Feldversuch stammt (Kleinseelheim), der bereits 12 bzw. 13 Jahre gelaufen war und 8-9-mal Stroh bzw. Kalkstickstoff erhalten hat. Infolge dieser langjährigen differenzierten Düngung traten die sich herauskristallisierenden Unterschiede auch als Nachwirkung auf. Nachdem die fördernde Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf die Komponente der mikrobiologischen Aktivität erreicht wurde, nahm sie, infolge des Verbrauchs von dem leichtzersetzbaren Anteil des Substrats, mehr oder weniger stark ab. Sie blieb jedoch, je nach Düngungsart, mehrere Monate erhalten.

4. Zur Erklärung der früher eintretenden Förderung bzw. des Gipfelpunkts der CO_2 -Entwicklung (am 1. Tag) oder der DHA (am 7. Tag) als der Gesamtkeimzahlen (14. Tag) können folgende Tatsachen aufgeführt werden:

a) Die Erhöhung der Stoffwechselaktivität der Zellen mit verstärkter Atmung oder Enzymaktivität ist eine Voraussetzung für die Vermehrung dieser Zellen (JAGNOW, 1967, vgl. die Atmungs- bzw. die Keimzahlenkurven von NIESE, 1969).

b) Die Enzymaktivität im Boden muß nicht unbedingt von den im Augenblick lebenden Mikroorganismen stammen, und zwar deswegen, weil die nach der Autolyse der abgestorbenen Organismen freiwerdenden Enzyme auch die Trockenlagerung durch Sorption an Bodenkolloide über 1 Jahr in nahezu unveränderter Höhe wirksam bleiben können (HOFFMANN, 1959).

c) Auf einem einzigen Nährmedium (Bodenextrakt-Agar) können nicht alle physiologischen Gruppen der Mikroorganismen zur Entwicklung kommen. So waren z.B. die sehr schnell wachsenden Eiweißzerersetzer für die anfangs sehr starke CO_2 -Entwicklung in den Versuchen von JAGNOW (1967) verantwortlich zu machen. Außerdem wurden die höchsten DHA-Werte (eigene Versuche) zu einem Zeitpunkt ermittelt (am 7. Tag), an dem die Zahlen der Pilze und Zellulosezerersetzer ihr Maximum erreicht hatten. Daher sollen die zeitlich unterschiedlichen Rhythmen der Atmung, Enzymaktivität und Keimzahlen im Rahmen eines dynamischen Systems betrachtet werden.

5. Bei der Unterbringung von nichtgemahlenem, sondern nur gehäckseltem Stroh (Feldversuche), dürften sich die obengenannten zeitlichen Rhythmen etwas ausdehnen oder verschieben. Außerdem kommen die Schwankungen der Bodenfeuchte bzw. der Temperatur in den Feldversuchen zum Ausdruck, vor allem die meist niedrigeren Temperaturen (außer den Sommermonaten). So konnten z.B. NICOLAISEN et al (1957) in einem 248-tägigen Gefäßversuch mit Moorboden und gehäckseltem Stroh feststellen, daß die maximale CO_2 -Entwicklung bei 21°C erst nach 12 Tagen aufgetreten ist. Bei einer niedri-

geren Temperatur (14°C) wurde die mikrobielle Aktivität insofern verzögert, als die CO_2 -Produktion auf etwa die Hälfte zurückging, das Maximum etwas später eintrat (erst am 16. Tag), die Unterschiede gegenüber der Kontrolle kleiner wurden und eher verschwanden.

6. Die oben genannten Tatsachen geben von vornherein eine Erklärung dafür, daß bei einzelnen Standorten (Wellie, Ropperode und Mühlfeld) und auch wegen der langen Zeitspannen zwischen den Probenahmen die Förderung der einen oder der anderen Komponente der mikrobiologischen Aktivität des Bodens durch die Strohgabe nicht eindeutig erfaßt werden konnte.
7. Die Förderung der DHA durch die Strohgabe allein in Höhe von 60 dz/ha (Hainhaus, Wolstorf, Kleinseelheim und Gefäßversuche) war gegenüber der Kontrolle stärker als die durch Kalkstickstoff in Höhe von 60 kg N/ha (UKa_1). Sie hielt bei Stroh allein länger an (über 11 Monate in den Feldversuchen, in den Gefäßversuchen über 5 Monate) als in dem mit UKa_1 gedüngten Boden, in dem eine solche Förderung nur während der ersten 2 Wochen deutlich feststellbar war. Daher konnte eine Wirkung der UKa -Düngung in den Feldversuchen nicht erfaßt werden. Das schnelle Verschwinden der fördernden Wirkung der UKa -Düngung allein (UKa_1) beruht darauf, daß die mineralische N-Düngung ohne gleichzeitige Zufuhr von den für die heterotrophen Mikroorganismen des Bodens geeigneten Kohlenstoffquellen dazu führt, daß die im Boden vorhandene, leicht verwertbare organische Substanz zu einem begrenzenden Faktor für die Aktivität der Mikroorganismen (etwa DHA und CO_2 -Entwicklung) wird. Durch die einfache UKa -Gabe zu Stroh konnte die Wirkung der begrenzenden Faktoren unterbunden werden, nämlich, durch den Mangel an Stickstoff bei der Strohgabe allein und an leicht verwertbaren C-Quellen bei der UKa -Düngung allein, so daß bei Stroh + UKa_1 gegenüber Stroh allein über 75 Tage bzw. gegenüber UKa_1 über 182 Tage lang eine intensivere Enzymaktivität festgestellt werden konnte. Die Förderung der doppelten UKa -Gabe (120 kg N/ha) zu Stroh war gegenüber Stroh allein zwar eine stärkere als die der einfachen Gabe (60 kg N/ha) zu Stroh, jedoch war die Wirkung

der zweiten 60 kg N/ha wesentlich geringer als die der ersten. Hierin liegt ein Beweis dafür, daß die DHA im Boden auch dem Ertragsgesetz unterliegt (s. auch die Summenkurven Abb. 3, 23 und 24).

Die stärkste DHA wurde häufig in den mit Stalldung versehenen Böden nachgewiesen, wie es auch bei THALMANN (1967) der Fall war. Diese überlegene Wirkung des Stalldungs konnte in allen Standorten, in den Gefäßversuchen und zu fast allen Terminen erfaßt werden. Sie war gegenüber Stroh + UKa₂ zwar nicht immer (besonders in den Gefäßversuchen), gegenüber Stroh allein jedoch stets deutlich. Diese überlegene Wirkung des Stalldungs, die gleich nach der Düngung sowohl in Mühlfeld als auch in den Gefäßversuchen nachweisbar war, ist darauf zurückzuführen, daß der Stalldung nicht nur reicher an leicht verwertbaren Nährstoffen als Stroh war, sondern mit ihm wurden dem Boden auch verschiedene Wachstumsstoffe und Enzyme zugeführt. Die länger anhaltende Nachwirkung (nach 2 Jahren in Wolstorf, nach 4 Jahren in Kleinseeheim und sogar noch nach 10 Jahren in Wellie) ist wahrscheinlich dadurch zu erklären, daß ein beachtlicher Teil seiner organischen Substanz, die in der Düngerstätte schon einem Abbau bzw. einer gewissen Humifizierung unterlag, im Boden weniger schnell als das unverrottete Getreidestroh zersetzt wurde.

Die Gründüngung (Lihoraps) führte in Mühlfeld zu einer Intensivierung der DHA, so daß eine Erhöhung der DHA bei Stroh + Gründüngung gegenüber Gründüngung allein bzw. gegenüber Stroh allein festgestellt werden konnte. Damit ist der Beweis erbracht, daß das schwerere angreifbare Stroh nicht nur den durch Gründüngung ausgelösten Anstieg der DHA nicht gehemmt hat, sondern daß auch der Abbau der Bestandteile des Strohs durch die Gründüngung beschleunigt wurde. Eine solche Intensivierung der Zersetzung des Strohs wurde jedoch durch die Konkurrenz um den Stickstoff zwischen den höheren Pflanzen (Futtermülsen) und den Mikroorganismen verlangsamt. Die Richtigkeit dieser Schlußfolgerung ergibt sich aus der Feststellung, daß das Auftreten dieser Verzögerung sich durch die Zufuhr von Stickstoff (UKa, beide Gaben) zu Stroh vermeiden ließ.

Aus den Gefäßversuchen konnten außerdem folgende grundlegende Tatsachen festgestellt werden:

A. Die Dehydrogenaseaktivität des Bodens ist hauptsächlich ein Werk der Mikroorganismen allein, daher läßt sie sich von den auf die Mikroorganismen einwirkenden Faktoren - z.B. höhere Pflanzen und N-Versorgung - zwar beeinflussen, jedoch ist das Ausmaß eines solchen Einflusses kleiner als bei den Mikroorganismen selbst. Infolgedessen ist die DHA im Vergleich zu den Zahlen der Mikroorganismen im Boden kleineren Schwankungen unterworfen.

B. Das Wachstum von Algen, Moosen und Unkräutern (2. Gefäßversuch, Gruppe b) verursachte in den ersten 4 Wochen eine deutliche Verzögerung der DHA. Eine solche Verzögerung war bei den Varianten ohne N-Düngung (Kontrolle und Stroh allein) nicht nur deutlicher, sondern sie konnte auch später als bei den mit N gedüngten Varianten (UKa_1 , Stroh + UKa_1 und Stroh + UKa_2) aufgehoben werden, und zwar erst nachdem die Unkräuter entfernt worden waren.

C. Trotz des zusätzlichen Wachstums des Spinats (Gruppe c) wurde eine stärkere DHA nachgewiesen als bei Gruppe a (Mikroorganismen allein) bzw. bei Gruppe b (wie Gruppe a + Algen, Moose und Unkräuter). Das deutet daraufhin, daß die verschiedenen höheren Pflanzen nicht allein durch den Faktor "N-Düngung" unterschiedliche Wirkungen auf die mikrobielle Aktivität (z.B. DHA) des Bodens ausüben können. So konnte THALMANN (1967) feststellen, daß mit steigenden NPK-Gaben eine leicht negative Wirkung auf die DHA bei Kartoffeln auftrat, während bei Getreide genau das Gegenteil nachzuweisen war. Ob ein solcher Einfluß durch die direkte Wirkung der Ausscheidungen der höheren Pflanzen (z.B. Abgabe von ähnlichen Enzymen oder von Stoffen, die mit den verwendeten Indikatoren - in diesem Fall TTC - reagieren) oder auf indirekte Weise (z.B. Änderung der Beschaffenheit der Mikroorganismenpopulation) hervorgerufen wird, bleibt offen. Hier dürften zukünftige Untersuchungen der DHA im Boden bei verschiedenen Kulturpflanzen von besonderem Interesse sein.

D. Die Kopfdüngung mit N in Form von Ammoniumnitrat (Gruppe d) förderte die DHA nur kurzfristig, wie das auch bei der primären Dün-

gung mit N in Form von Kalkstickstoff (UKa_1) der Fall war. Daher ist festzustellen, daß die fördernde Wirkung der mineralischen N-Düngung allein und unabhängig von ihrer chemischen Zusammensetzung, nur während der ersten Tage nach der Düngung deutlich zu beobachten ist.

E. Trotz der Einflüsse der verschiedenen biologischen Faktoren blieb die Rangfolge der Düngungsvarianten in ihrer Wirkung auf die DHA des Bodens in den nichtbewachsenen (1. Gefäßversuch und Gruppe a des 2. Gefäßversuchs), wie in den bewachsenen Gefäßen (Gruppe b und d des 2. Gefäßversuchs) die folgende:

Stallung $>$ Stroh + $\text{UKa}_2 >$ Stroh + $\text{UKa}_1 \gg$ Stroh allein $\gg$ $\text{UKa}_1 >$ Kontrolle.

F. Daher können die Einflüsse der verschiedenen Düngungsarten auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens in Gefäßversuchen auch ohne höhere Pflanzen mit Hilfe der DHA mit Sicherheit festgestellt werden.

8. Die nach der Methode ISERMEYER ermittelten Werte der CO_2 -Entwicklung stimmten oft nicht mit denen der URAS-Methode überein, und zwar sowohl in Bezug auf die Unterschiede der Düngungsvarianten innerhalb eines Standortes als auch zwischen den verschiedenen Standorten. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch THALMANN (1967). Deshalb war die Übereinstimmung in der Tendenz zwischen den Werten der CO_2 -Entwicklung nach der URAS-Methode und denen der DHA fast immer festzustellen (sogar in den Feldversuchen waren die Relativzahlen häufig die gleichen), während sie zwischen den CO_2 -Werten nach der Methode ISERMEYER und denen der DHA oft nicht vorhanden war. Diese Tatsache ist auch nach THALMANN (1967) auf die größere Empfindlichkeit bzw. Genauigkeit der URAS-Methode zurückzuführen.

Die fördernde Wirkung der verschiedenen Düngungsvarianten zeigte zwar in der CO_2 -Entwicklung (URAS) und DHA eine weitgehende Übereinstimmung, jedoch traten, wie bereits erwähnt, unterschiedliche zeitliche Rhythmen auf. Die Förderung der CO_2 -Entwicklung trat nicht nur früher ein als die der DHA, sondern sie nahm auch eher ab. Zu einer allgemeinen Übereinstimmung zwischen der CO_2 -

Produktion und Enzymaktivität im Boden kamen u.a. GAISTYAN (1959, Katalaseaktivität), STEVENSON (1959, O_2 -Aufnahme und Lehydrogenaseaktivität) und kürzlich auch THALMANN (1967, auch DHA). Die UKa-Düngung zu Stroh beschleunigte die Zersetzung seiner Bestandteile, so daß die CO_2 -Entwicklung in dem mit Stroh allein versetzten Boden nach 4 Wochen stärker war als in den mit UKa₁ und UKa₂ zu Stroh gedüngten Böden. Ebenso war die geringere Förderung der CO_2 -Entwicklung im Boden durch Zufuhr einer vorverrotteten organischen Substanz (Stalldung) im Vergleich zu unverrottetem Stroh durchaus zu erwarten, da nach ENGEL (1931) ein hoher Humifizierungsgrad des Düngers und gute CO_2 -Produktion des Bodens nicht zu vereinen sind. So stellten z.B. LEMMERMAN u. KAIM (1924), LEMMERMAN und WEISSMANN (1924) und SCHAPPER (1954) bei einer Gegenüberstellung der CO_2 -Produktion im Boden durch Zufuhr der gleichen Gewichtsmengen Stroh und Stalldung übereinstimmend fest, daß das Stroh überlegen ist. Diese Wirkung des Strohs ist nach DOMSCH (1963) auf den im Stroh relativ höheren Gehalt an leicht veratembarer Substanz zurückzuführen. Eine Bestätigung dieser Schlußfolgerung lieferten SCHEFFER und KARAPURKAR (1934) sowie CHANDRA und BOLLEN (1960). Sie stellten fest, daß die mit fortschreitender Extraktion des Strohs zurückbleibenden Substanzen eine ständig verminderte CO_2 -Entwicklung aufwiesen. Die im Stalldung vorhandenen, stabileren organischen Verbindungen führten allerdings dazu, daß der Stalldung eine stärker fördernde Nachwirkung als Stroh zeigte. Die bereits bekannte Tatsache, daß die Zufuhr organischer Substanz (Stroh bzw. Stalldung) die Bodenatmung wesentlich stärker und für längere Zeit als die mineralische N-Düngung (UKa₁) fördert, erfuhr in den eigenen Versuchen stets eine Bestätigung.

Obwohl die CO_2 -Entwicklung im Boden hauptsächlich der Tätigkeit der Mikroorganismen zuzuschreiben war, wie bereits auch bei der DHA festgestellt wurde, wurde sie von Algen, Moosen und höheren Pflanzen (Unkräuter und Spinat) angehoben (5-30 %iger Anstieg). Dieser Anstieg liegt im Rahmen des in der Literatur angegebenen Anteils der Wurzelatmung an der gesamten Bodenatmung (CO_2 -Ent-

wicklung). So soll dieser Anteil nach LUNDEGARD (1924) bei Hafer 30 % betragen haben. MEYER und SCHAFFER (1954) gaben für einen Senfbestand 37 % Mehratmung gegenüber Brache an. JAGNOW (1958), der im Gegensatz zu den obengenannten Autoren die Tätigkeit der Rhizosphärenflora berücksichtigte, kalkulierte allerdings einen Anteil der Wurzelatmung zwischen 10 und 70 %. Die höheren Pflanzen beeinflussten die Wirkung der Düngungsvarianten auf die CO_2 -Entwicklung im Boden insofern, als die Wirkung der N-Ausgleichsdüngung (UKa zu Stroh) noch deutlicher zum Ausdruck kam. Daher war die Rangfolge der Düngungsvarianten in den bewachsenen Gefäßen (Gruppe d) etwas anders als der nichtbewachsenen Gefäße (Gruppe a):

Gruppe a: Stroh + UKa₂ > Stalldung = Stroh + UKa₁ > Stroh allein >> UKa₁ > Kontrolle

Gruppe d: Stroh + UKa₂ > Stroh + UKa₁ > Stalldung > Stroh allein >> UKa₁ > Kontrolle

Aus der Übereinstimmung der Ergebnisse der CO_2 -Entwicklung (URAS) in den beiden Gefäßversuchen untereinander und mit denen der Feldversuche bzw. mit den Ergebnissen der DHA konnte geschlossen werden, daß die Einflüsse der verschiedenen Faktoren (u.a. Düngung, höhere Pflanzen sowie Klima) auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens mit Hilfe der Messung der CO_2 -Entwicklung im Boden auch in Gefäßversuchen ebenso eindeutig festgestellt werden können, wie das bei der DHA der Fall war.

9. Bei der Bestimmung der Gesamtkeimzahlen zeigte sich, daß die Auswahl der Nährmedien von entscheidender Bedeutung ist. So waren die auf Fleisch-Hefeextrakt-Agar gefundenen Zahlen sehr niedrig und ließen bei den verschiedenen Düngungsarten keine Tendenz erkennen. Auf Glukose-Agar (von VERMA, 1964) kamen zwar etwas mehr Keime zur Entwicklung, jedoch zeigten die Ergebnisse oft keine Übereinstimmung mit der DHA bzw. der CO_2 -Entwicklung (THALMANN, 1967). Demgegenüber wurden auf Bodenextrakt-Agar (von JAMES, 1958) aus Göttinger Lößboden nicht nur wesentlich mehr kleine Kolonien gezählt als auf Glukose-Agar, sondern ihre Zahlen zeigten auch eine weitgehende Übereinstimmung mit den Er-

gebnissen der DHA bzw. der CO_2 -Entwicklung, eine Tatsache, die durchaus zu erwarten war, denn der Bodenextrakt ist ein Substrat, das viele typische Bodenbakterien fördert (HIRTE, 1965) und den natürlichen Gegebenheiten des Bodens nähersteht, als die anderen Nährmedien.

Bei saurer Bodenreaktion (Wellie, Hainhaus und Kleinseelheim) wurden niedrigere Gesamtkeimzahlen als in den Standorten mit höheren pH-Werten (Wolstorf, Ropperode und Mühlfeld) nachgewiesen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen u.a. FRERCKS und PUFFE (1960). Sie stellten fest, daß die Aufkalkung von Moorböden zur Anhebung der Bakterienzahlen führte, während die Zahlen der Pilze abnahmen. Hierin liegt ein weiterer Hinweis auf die bekannte Tatsache, daß die Bakterien im allgemeinen gegen saure Reaktion empfindlicher sind.

Die organische Düngung (Stroh, Stalldung und Gründüngung) führte nicht nur zu einem stärkeren Anstieg der Gesamtkeimzahlen gegenüber der Kontrolle als die mineralische N-Düngung (UKa_1 allein), sondern ihre Wirkung hat in den Gefäßversuchen auch einige Tage früher eingesetzt (bereits am 3. Tag) und hielt über 5 Monate länger an (bis zum Versuchsende nach 182 Tagen). Die fördernde Wirkung des Strohs wurde durch die einfache UKa -Gabe gesteigert. Noch intensiver war die Wirkung der doppelten UKa -Gabe zu Stroh, wie es auch bei der DHA und der CO_2 -Entwicklung der Fall war. Allerdings übte die Düngung mit Kalkstickstoff allein (UKa_1) gegenüber der Kontrolle eine etwas stärker fördernde Wirkung auf die Gesamtkeimzahlen aus als bei der DHA (besonders im 2. Gefäßversuch). Der Stalldung zeigte zwar eine überlegene Förderung gegenüber Stroh + UKa_2 , war jedoch nur für kurze Zeit feststellbar (vom 7. bis zum 42. Tag). Das Ausmaß einer solchen Überlegenheit war bei den Gesamtkeimzahlen allerdings kleiner als bei der DHA. Diese Tatsache bekräftigt die Annahme, daß durch die Düngung mit Stallmist eine Zufuhr von Enzymen oder ähnlicher TTC-reduzierenden Stoffen erfolgte.

Die Unterbringung von Lihoraps (Mühlfeld, Reihe mit Gründüngung) führte erwartungsgemäß zu einem starken Anstieg der Gesamtkeimzahlen im Vergleich zu "ohne Gründüngung", und zwar bei allen Düngungsvarianten, wie es auch bei der DHA, der CO_2 -Entwicklung und der

Zellulosezersetter der Fall war. LASTING (1966) konnte auch feststellen, daß die Gründüngung mit gelber Lupine die Entwicklung fast aller Mikroorganismengruppen (mit Ausnahme der Aktinomyceten und Azotobakter) sehr stark förderte.

Während bzw. unmittelbar nach der Auskeimung der Samen höherer Pflanzen (Unkräuter und Spinat) wurde eine Verminderung der Gesamtkeimzahlen - besonders in den ersten 2 Wochen - festgestellt. Diese Verzögerung wurde im Lauf der darauffolgenden 2 Wochen jedoch aufgehoben. Danach trat ein Anstieg der Gesamtkeimzahlen auf. Allerdings war die Stärke bzw. der Zeitpunkt des Eintretens und die Dauer dieses Anstiegs von den den Mikroorganismen zur Verfügung stehenden N-Mengen abhängig. Daher wurde eine durch das Wachstum höherer Pflanzen verursachte Anhebung der Gesamtkeimzahlen gegenüber unbewachsenen Böden (Gruppe a) nur dann erfaßt, wenn der N-Verbrauch höherer Pflanzen niedrig war (alle Düngungsvarianten der Gruppe b, auf deren Böden nur Algen, Moose und Unkräuter wuchsen). Bei den dichter bewachsenen Böden (Gruppe c, wie b + Spinat) wurde eine solche Anhebung nur in den besser mit N versorgten Varianten festgestellt (UKa₁ und Stroh + UKa₂). In den schlechter mit N versorgten Varianten der Gruppe c (Kontrolle, Stroh + UKa₁ und Stalldung) konnte eine fördernde Wirkung des Spinats auf die Bakterien erst festgestellt werden, nachdem die Unkräuter entfernt worden waren. In dem mit Stroh allein versehenen Boden war die Konkurrenz um N noch stärker ausgeprägt. Hier blieben die Gesamtkeimzahlen in den dicht bewachsenen Gefäßen (Gruppe c) bis zum Versuchsende hinter denen der unbewachsenen zurück (Gruppe a).

Im 2. Gefäßversuch konnte weiterhin festgestellt werden, daß der Rückgang der Gesamtkeimzahlen (z.B. während der Auskeimung höherer Pflanzen) eine Schwächung der DHA zur Folge hatte. Außerdem war die Zunahme ihrer Zahlen - etwa infolge der später eintretenden fördernden Wirkung der höheren Pflanzen - stets von einer Intensivierung der DHA begleitet, und zwar um so stärker, je höher die Gesamtkeimzahlen lagen. Hierin lag ein Beweis dafür, daß die Bakterienzahlen und DHA den gleichen Trend nicht nur während der ersten 10 Tage zeigen (STEVENSON, 1962), sondern sie weisen ihn auch für längere

Zeit (über 84 bzw. 182 Tage) hinaus auf. Außerdem reagieren beide auf die verschiedenen Faktoren wie z.B. Düngung, höhere Pflanzen usw. etwa gleich. Eine weitere Stützung bestand darin, daß die Rangfolge der verschiedenen Düngungsarten in ihrer Wirkung auf die Gesamtkeimzahlen trotz aller Einflüsse der biologischen Faktoren die gleiche wie bei der DHA blieb und auch die gleiche war wie in dem nicht bewachsenen Boden (1. Gefäßversuch bzw. Gruppe a des 2. Gefäßversuchs), nämlich
Stalldung > Stroh + UKa₂ > Stroh + UKa₁ > Stroh allein > UKa₁ > Kontrolle.

Auf Grund der weitgehenden Übereinstimmung der Ergebnisse der Gesamtkeimzahlen der beiden Gefäßversuche untereinander bzw. mit denen der Feldversuche und der DHA bzw. der CO₂-Entwicklung ist festzustellen, daß die Einflüsse der verschiedenen Faktoren (u.a. Düngung, höhere Pflanzen sowie Klima) auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens mit Hilfe der Bestimmung der Gesamtkeimzahlen (auf Bodenextrakt-Agar) auch in Gefäßversuchen eindeutig ermittelt werden können, wie es bei der DHA und der CO₂-Entwicklung der Fall war.

10. Die Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf die Zahl der zellulosezersetzenden Bakterien war die gleiche wie auf die Gesamtkeimzahlen. Das Ausmaß der Förderung auf die Zellulosezer-setzer war allerdings stärker (Anstieg bis auf etwa das 400-fache der Ausgangszahlen) als bei den Gesamtkeimzahlen (Anstieg nur auf etwa das 4- bis 10-fache), und zwar war sie besonders stark in den mit UKa zu Stroh gedüngten Böden. Hier kam die über-legene Förderung der Zufuhr organischer Substanz (Stroh bzw. Stalldung) gegenüber der mineralischen N-Düngung wesentlich stärker zum Ausdruck als bei den anderen Untersuchungen, eine Tatsache, die mit der spezifischen Tätigkeit der zellulosezersetzenden Bakterien in Einklang steht, denn die Zufuhr von Stroh, Stalldung und auch Grünmasse (Gründüngung) bedeutet eine Versorgung mit Zellulose, deren Menge für die Entwicklung der Zellulose-zer-setzer von entscheidender Bedeutung ist (IMSCHENEZKI, 1959).

Die Kurven der Zahlen der Zellulosezerersetzer zeigten zwei deutliche Gipfelpunkte, der erste trat während der ersten 2 Wochen - also im Rahmen des von LASTING (1966) angegebenen Zeitraumes (0-16 Tage) - auf und der zweite wurde nach 6-10 Wochen ermittelt. Außerdem konnte SIMON-SYLVESTER (1958) feststellen, daß bereits 14 Tage nach der Strohzufuhr das erste Maximum auftrat und nach 2 Monaten das zweite (kleiner) folgte. Obwohl in eigenen Versuchen die Arten der zellulosezersetzenden Bakterien nicht bestimmt wurden, ist jedoch aus der Abnahme der Zahlen nach dem ersten größeren Gipfelpunkt bzw. aus der Zunahme zu dem zweiten kleineren Maximum anzunehmen, daß ein Populationswechsel stattfand. So stellte z.B. IMSCHENEZKI (1959) an Hand von Literaturangaben und auf Grund seiner Versuche fest, daß in den ersten 5-7 Tagen die Vibrionen, einige Myxobakterien sowie sporenlose und sporenbildende Bakterienarten, die außer Zellulose auch andere Kohlenhydrate verwerten können, sich sehr schnell vermehren und 25-35 % der Zellulose zersetzen. Danach nimmt die Tätigkeit dieser Bakteriengruppe ab. Demgegenüber vermehren sich die Zellulosemyxobakterien (einige Arten der Sporocytophaga und Cytophaga), die außer der Zellulose keine anderen Kohlenhydrate verwerten, langsamer als die Vertreter der ersten Gruppe. BECK (1968) schrieb in diesem Zusammenhang "Als wichtigsten Zellulosezerersetzer der ersten Wellen beim Strohabbau glaubt man die grüne Kolonien bildenden *Cellfalcicula viridis* erkannt zu haben. Im zweiten Abschnitt der weiteren Verwertung von Zelluloseprodukten werden die *Cellfaloicula*-Arten von den braun-gelb gefärbten Kolonien der *Cytophaga*-Arten abgelöst."

Die Wirkung der höheren Pflanzen (Unkräuter und Spinat) war sowohl während der Auskeimung als auch danach sehr stark fördernd. Diese Förderung kann nach HARMSSEN (1946) u.a. auf die von den höheren Pflanzen ausgeschiedenen Vitamine zurückgeführt werden. Er stellte unter anderem fest, daß Spinatextrakt die Entwicklung zellulosezeretzender Bakterien fördert. Allerdings war die Intensität der Förderung der höheren Pflanzen (eigene Versuche) vom Wachstumszustand dieser Pflanzen, von der N-Versorgung und von der im Boden zur Verfügung stehenden Menge an Zellulose abhängig.

Die Zufuhr organischer Substanz nach der Ernte sowohl durch Einarbeitung der Ernterückstände (z.B. Stroh) bzw. der grünen Pflanzen (Gründüngung) als auch durch die abgestorbenen Wurzeln der geernteten Kulturpflanzen (im Spätsommer bzw. Anfang Herbst) hatte bei allen Düngungsvarianten nicht nur eine Intensivierung der DHA und der CO_2 -Entwicklung bzw. eine Anhebung der Gesamtkeimzahlen zur Folge, sondern sie rief auch einen sehr starken Anstieg der aeroben zellulosezersetzenden Bakterien hervor. Ein solcher Anstieg vom Frühjahr zum Spätsommer bzw. Herbst ist verständlich, denn in der Umgebung abgestorbener Wurzeln erfolgt nach WOSNIAKOWSKAJA (1948) eine rasche Vermehrung der Zellulosebakterien. Weiterhin stellt der Rückgang der Temperaturen im Spätsommer bzw. Herbst kein bedeutendes Hindernis für die Tätigkeit der Zellulosebakterien dar (IMSCHENEZKI, 1959), weil der Temperaturbereich dieser Bakteriengruppe relativ niedrig liegt. Außerdem stellte TEPLJAKOWA (1955) fest, daß der Gehalt des Bodens an Myxobakterien, die in der Lage sind, die verschiedensten pflanzlichen Überreste weitgehend abzubauen, sich im Spätsommer erhöht. Die fördernde Wirkung der Zufuhr organischer Substanz im Spätsommer bzw. Herbst war allerdings um so stärker, je besser die N-Versorgung war (Stroh + UKa_1 und Stroh + UKa_2). Überraschend war ein Absinken der Zahlen der Zellulosezer-setzer vom Frühjahr zum Spätsommer in den mit Stalldung versehenen Böden - im Gegensatz zu allen anderen Düngungsvarianten - feststellbar, und zwar in allen Standorten. Eine Erklärung hierfür kann nicht gegeben werden, da dieser Rückgang sich in den Gefäßversuchen nicht wiederholte.

Eine gute Übereinstimmung in der Tendenz des Verlaufs der Zahlen der Zellulosezer-setzer war nicht nur in beiden Gefäßversuchen untereinander festzustellen, sondern sie war auch zwischen den Feld- und Gefäßversuchen vorhanden. Außerdem konnte auch eine weitgehende Übereinstimmung mit den Ergebnissen von DHA, CO_2 -Entwicklung und Gesamtkeimzahlen nachgewiesen werden. Die Rangfolge der Düngungsvarianten war auch hier die gleiche wie bei den anderen Untersuchungen, nämlich:

Stalldung > Stroh + UKa_2 > Stroh + UKa_1 > Stroh allein > UKa_1 > Kon-

trolle. Demzufolge kann die Wirkung der verschiedenen Düngungsarten bzw. der geprüften Faktoren auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens (auch in Gefäßversuchen) ebenso mit Hilfe der Bestimmung der Zahlen der aeroben zellulosezersetzenden Bakterien erfaßt werden.

11. Die Wirkung der geprüften Düngungsarten (2. Gefäßversuch) auf die Zahl der Azotobakterzellen konnte nicht erfaßt werden, da auf den für Azotobakter geeigneten Nährboden (Mannit-Agar) auch bei niedrigster Verdünnung (10^{-1}) keine Kolonien zur Entwicklung kamen, und zwar bei allen Düngungsvarianten. Die saure Reaktion des Bodens von Kleinseelheim (pH 5,21-5,95) kann zunächst dafür verantwortlich gemacht werden. So gaben mehrere Autoren, u.a. FEDEROW (1960) an, daß die unterste Grenze der Lebensmöglichkeit von Azotobakter bei pH 6,0-5,8 liegt. Außerdem stellte AHRENS (1963) fest, daß die Düngung mit unverrotteten Stoffen (Müll) zu einem starken Rückgang der Zellzahlen führte. Er konnte weiterhin nachweisen, daß in N-Parzellen langjähriger Feldversuche ein starker Rückgang und sogar ein völliges Verschwinden von Azotobakter festzustellen war.
 12. Wegen der größeren Säureresistenz der Pilze wurden in den Standorten mit saurer Bodenreaktion (Wellie, Hainhaus und Kleinseelheim), in denen geringere Bakterienzahlen gefunden wurden, höhere Pilzzahlen ermittelt als in den Standorten mit höherer Bodenreaktion (Wolstorf, Ropperode und Mühlfeld), die höhere Bakterienzahlen aufwiesen. Da die Konkurrenz um die Nährstoffe zwischen Bakterien und Pilzen in den saureren Böden zu Gunsten der Pilze verschoben wurde, kam die fördernde Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf die Zahl der Pilze in den Standorten Wellie, Hainhaus und Kleinseelheim besser zum Ausdruck als in den anderen Standorten.
- In Übereinstimmung mit den anderen Untersuchungen verursachte die Zufuhr organischer Substanz (Stroh, Stalldung und Grünmasse) einen starken Anstieg der Pilzzahlen. Ebenso zeigte die Düngung mit der einfachen Kalkstickstoffgabe (60 kg N/ha) sowohl allein

gegenüber der Kontrolle als auch zu Stroh gegenüber Stroh allein eine Förderung. Die Dauer dieser Förderung war bei der Variante UKa_1 allein (nur während der ersten 2 Wochen nach der Düngung) erheblich kürzer als bei Stroh + UKa_1 (über 2 Monate). Im Gegensatz zu den anderen Untersuchungen (DHA, CO_2 -Entwicklung, Gesamtkeimzahl und Zahl der Zellulosezerersetzer) führte die doppelte UKa -Gabe zu Stroh (120 kg N/ha) nur während der ersten 3 Tage zu einer Verstärkung der fördernden Wirkung bei Stroh allein, danach lagen die Pilzzahlen bei Stroh + UKa_2 (V) meistens niedriger als bei Stroh allein (III) bzw. noch niedriger als bei Stroh + UKa_1 (IV) (s. dazu Abb. 10). Ob diese Verzögerung der Pilzentwicklung allein auf die Düngung mit 120 kg N/ha als Cyanamid-N (UKa_2), die etwa eine Konzentration von 0,008 % in der obersten 10 cm-Schicht des Bodens (etwa 1,5 Mill. kg Boden) ausmacht, zurückzuführen ist, bleibt noch offen, denn

- a) Diese Verzögerung wurde erst nach dem 3. Tag beobachtet, zu einem Zeitpunkt also, an dem die höchsten Ammoniakmengen ermittelt wurden, also nachdem das Cyanamid bereits zu Harnstoff und mikrobiell zu Ammoniak übergeführt worden war.
- b) Die Düngung mit der doppelten UKa -Gabe zu Stroh führte zu einer größeren Verschiebung der Bodenreaktion gegenüber der Kontrolle (um etwa + 0,7) als die einfache UKa -Gabe zu Stroh (um etwa + 0,4), welche offenbar nicht ohne Einfluß auf die Pilzzahlen blieb.
- c) Diese größere Verschiebung der Bodenreaktion förderte die Bakterien stärker als die Pilze (wesentlich höhere Gesamtkeimzahlen bei Stroh + UKa_2 als bei Stroh + UKa_1).
- d) VERONA und PICCI (1968) konnten feststellen, daß Cyanamid-N in einer Konzentration von 0,015 % (etwa 2-mal soviel wie in eigenen Versuchen) fördernd auf die zellulosezersetzenden Pilze (*Chaetomium globosum*, *Aspergillus flavipes* und *Myrothecium verrucaria*) wirkten. Sie haben Cyanamid-N sogar besser verwertet als den Stickstoff des Ammoniumsulfats.
- e) Viele andere Autoren kamen zu der Feststellung, daß die schädigende Wirkung des Kalkstickstoffs auf die Pilze eine selektive ist,

so werden die phytopathogenen Pilze im Boden durch UKa-Düngung gehemmt, während die ubiquitären Bodenpilze dadurch nicht geschädigt oder sogar gefördert (u.a. KAUFFUNGEN, 1918; MÜLLER, 1952 u. 1955; TREGGI, 1961; PICCI u. VERONA, 1962; TREGGI u. VERONA, 1962; LOPRIENO u. VERONA, 1964; PICCI u. VERONA, 1965; GAMBOGI u. VERONA, 1967 und 1970). Für die Hemmung der phytopathogenen Pilze (*Cercospora herpotrichoides* und *Fusarium nivale*) durch Cyanamid machte AMBERGER (1964 und 1968) das tiefe Eingreifen des Cyanamids in den Atmungsstoffwechsel dieser Pilze verantwortlich. So stellte er fest, daß ihr Enzymsystem "Katalase" sehr stark empfindlich gegenüber Cyanamid ist, so daß das bei der direkten Glukoseoxidation entstehende H_2O_2 nicht mehr gespalten werden kann. Weiterhin war im Myzel von *Cercospora herpotrichoides* keine Peroxidase nachzuweisen.

d) Der Stalldung, der die Bakterien sehr stark förderte, konnte seine überlegene Förderung (bei DHA, Gesamtkeimzahl und Zellulose-zersetzer) auf die Pilzzahlen nur noch gegenüber den Varianten ohne organische Düngung sichern. So war die Rangfolge der fördernden Wirkung der Düngungsarten auf die Pilzzahlen wie folgt:
Stroh + UKa₁ > Stroh allein > Stroh + UKa₂ >> Stalldung > UKa₁ > Kontrolle.

13. Die langsam wachsenden Aktinomyceten wurden von den sich schneller entwickelnden Bakterien (Gesamtkeimzahlen und Zahl der Zellulosebakterien) bzw. Pilzen zurückgedrängt, so daß ihre maximalen Zahlen erst 42 bis 75 Tage nach der Strohgabe erreicht wurden (1. Gefäßversuch), also nachdem die Zahlen der anderen Mikroorganismen abgesunken waren. In den Feldversuchen wurde ein ähnliches Verhalten festgestellt, so wurden in den mit Gründüngung versehenen Parzellen (Mühlfeld), in denen die "Gründüngung" zur Anhebung der Gesamtkeimzahlen, der Zahlen der Zellulosezersetzer und der Pilze führte, geringere Zahlen an Aktinomyceten gefunden als in den Parzellen "ohne Gründüngung". Außerdem greifen wahrscheinlich die Aktinomyceten die zugeführte (Stroh, Stalldung) bzw. bereits im Boden vorhandene organische Substanz erst dann stark an, wenn andere Mikroorganismen Vorarbeit geleistet haben. KRAINSKI (1914) und

WAKSMAN (1919) wiesen in diesem Zusammenhang auch darauf hin, daß die mesophilen Aktinomyceten sich langsamer entwickeln und wesentlich geringere Zellulosemengen abbauen als die Zellulosebakterien bzw. Pilze.

Die Unterbringung von Stroh bzw. Stalldung führte zu einer wesentlich stärkeren Förderung der Aktinomyceten im Boden als die mineralische N-Düngung (UKa_1). Während die einfache UKa -Gabe zu Stroh die Wirkung des Strohs über 5 Monate lang gesteigert hat, führte die doppelte UKa -Gabe zu Stroh zu einer besonders in den ersten 6 Wochen deutlichen Verzögerung der Aktinomycetenentwicklung gegenüber Stroh allein. Im Gegensatz zu den bei Pilzen erzielten Ergebnissen war hier eine Hemmung während der ersten 6 Wochen nach der UKa_2 -Düngung deutlich.

Die verschiedenen Düngungsarten wirkten fördernd auf die Aktinomyceten wie folgt:

Stalldung $\gg$ Stroh + UKa_1 $>$ Stroh allein $>$ Stroh + UKa_2 $\gg$ UKa_1 $>$ Kontrolle, also auch hier war eine gewisse Übereinstimmung mit den anderen Ergebnissen vorhanden.

14. Aus den ermittelten Ammoniak- bzw. Nitratgehalten im Boden konnten zwar nur indirekt, aber doch aufschlußreiche Schlußfolgerungen über die Ammoniak- bzw. Nitratbildung im Boden gezogen werden, da die ermittelten Mengen von Ammoniak bzw. Nitrat nicht die Mengen darstellen, die im Boden gebildet wurden, sondern nur die Mengen, die nach der Aufnahme sowohl durch die verschiedenen Mikroorganismen als auch durch höhere Pflanzen (Algen, Moose, Unkräuter und Kulturpflanzen) übriggeblieben sind. Außerdem war ein N-Verlust, etwa durch Entweichen des Ammoniaks aus dem sauren Boden von Kleinseelheim (pH 4,7 bis 5,9, je nach Düngungsart und Zeit der Untersuchung), nicht zu erwarten. Da die Bodenfeuchte in beiden Gefäßversuchen auf etwa 60 % seiner Wasserkapazität konstant gehalten wurde, war ein N-Verlust durch Auswaschung oder durch Denitrifikation (anaerober Prozeß) noch weniger wahrscheinlich. Obwohl die in Form von Cyanamid zugeführten N-Mengen in Ammoniak-N bereits in der ersten Woche nach ihrer Zufuhr quantitativ umgewandelt wurde (Mikroorganis-

men allein im 1. Gefäßversuch und Gruppe a des 2. Gefäßversuchs), konnten diese N-Mengen auch nach 182 Tagen (1. Gefäßversuch) in Form von Nitrat nicht wiedergefunden werden. Aus den obengenannten Tatsachen und der Feststellung, daß Zahl und Aktivität der Mikroorganismen am 182. Tag weiterhin niedrig lagen, ist zu schließen, daß der Abbau der zugeführten organischen Substanz weitgehend beendet ist. Weiterhin ist zu vermuten, daß die anfangs im Boden vorhandenen N-Mengen für die im Bereich des Minimums liegende mikrobiologische Aktivität ausreichte, und daß die nicht in Form von Nitrat wiedergefundenen N-Mengen in die schwer zersetzbaren Verbindungen der neugebildeten Huminsäuren eingelagert wurden. So stellten NEHRING und WIESEMÜLLER (1968) fest, daß Kalkung, Stallmistdüngung und mineralische N-Düngung zu einer Vermehrung des Braunhuminsäuregehalts und zu einer Verminderung des Fulvosäuregehalts am Gesamthumus des Bodens führte (verstärkter N-Einbau im stabileren Humusanteil). Zu ähnlichen Schlußfolgerungen kam THEMLITZ (1957) durch einen Modellversuch mit Rohhumus. Er stellte fest, daß durch Düngung mit Kalkstickstoff N-reiche, stabile Humusstoffe entstehen. Außerdem ist es auch lange bekannt, daß einige Arten von Mikroorganismen im Boden (meistens Pilze und Aktinomyceten) in der Lage sind, den Stickstoff in heterocyclischen Bindungen in ihre den Huminsäuren ähnlichen Autolyseprodukte einzubauen (KÜSTER, 1950).

Infolge der großen Zahl von Arten der Mikroorganismen, die zur Ammonifikation befähigt sind, setzte die Bildung von Ammoniak rasch ein, so daß die höchsten Ammoniakgehalte bereits während der ersten Woche ermittelt wurden. Die Höhe der gefundenen Mengen bzw. die Dauer bis zum völligen Verschwinden des Ammoniaks war von der N- bzw. Strohzufuhr und den dadurch beeinflussten Zahlen der verschiedenen Mikroorganismen bzw. der Intensität ihrer Aktivität abhängig. Demgegenüber setzte die Nitrifikation, wegen der langsameren Entwicklung der nitrifizierenden Bakterien (spezifische Arten), später ein. Die Nitratbildung wurde während der ersten 2-4 Wochen - im Gegensatz zur Ammoniakbildung - nach der UKa-Düngung sowohl in einfacher Gabe allein (UKa₁) als auch zu Stroh (Stroh + UKa₁) eindeutig verzögert. Bei der doppelten UKa-Gabe zu Stroh wurde eine noch

stärkere und länger anhaltende (4 bis 6 Wochen) Verlangsamung der Nitratbildung festgestellt. Danach stieg die Intensität der Nitratbildung so stark an, daß das im Boden vorhandene bzw. neugebildete Ammoniak restlos zu Nitrat oxidiert wurde und die Nitratkurven stets steil anstiegen. Die anfangs geringeren Nitratmengen in den mit UKa gedüngten Böden sind auf zwei Tatsachen zurückzuführen:

1. Die besonders während der ersten 2-4 Wochen starke Förderung der Mikroorganismen im Boden (Zahl und Aktivität) durch die UKa-Düngung (UKa₁, Stroh + UKa₁ und Stroh + UKa₂) hat einen Mehrverbrauch an N (auch in Form von Nitrat-N) zur Folge.
2. Die vorübergehende Hemmung der nitrifizierenden Bakterien durch die UKa-Düngung dürfte bei der anfangs ermittelten niedrigeren Nitratmenge eine größere Rolle spielen als der Nitratverbrauch durch Mikroorganismen.

Eine solche Hemmung der Nitrifikation wurde von mehreren Forschern nachgewiesen. Während die Ammoniakbildung selbst bei hohen Kalkstickstoffgaben (600 kg N/ha) intensiv war (SCHMALFUSS, 1937) und sogar noch bei 5000 kg N/ha nachgewiesen wurde (NUHI, 1963), bezeichneten u.a. WAGNER et al (1907) und BEST (1932) die KSt-Gabe in Höhe von 320 kg N/ha als kritische Konzentration für den Nitrifikationsablauf. Dem entspricht die vollständige Hemmung, die SCHMALFUSS bei 600 kg N/ha beobachtete und NUHI bei 500 kg N/ha. RATHSACK (1938), der mit in der Landwirtschaft üblichen KSt-Gaben arbeitete, stellte fest, daß die Nitrifikation bei 48 kg N/ha vollständig verlief, bei 96 bzw. 192 kg N/ha dagegen eine Verzögerung nachweisbar war. In seinen späteren Arbeiten (1967) konnte er nachweisen, daß es sich in den ersten 2 Wochen nach der KSt-Düngung tatsächlich um eine echte Hemmung der nitrifizierenden Bakterien handelt, und zwar war ihre Stärke bzw. Dauer um so größer, je höher die KSt-Gabe bemessen war. An Hand exakter Untersuchungen stellte er überzeugend fest, daß das Cyanamid bzw. Dicyandiamid die vorübergehende Hemmung der Nitrifikation im Boden verursachen. Ob die hemmende Wirkung dieser Stoffe durch Eingreifen in den Atmungsstoffwechsel der nitrifizierenden Bakterien, wie AMBERGER (1964 u. 1968) es bei den phytopathogenen Pilzen feststellte, hervorgerufen wird, bleibt noch offen.

Durch die bisher erwähnten Schlußfolgerungen konnte bewiesen werden, daß der Ausdruck "Cyanamidschock" bei Kalkstickstoffgaben von 60 bzw. 120 kg N/ha überhaupt nur dann eine gewisse Berechtigung hat, wenn es sich bei der hohen Gabe um großzellige Mikroorganismen (Pilze und Aktinomyceten) oder bei der niedrigen Gabe um nitrifizierende Bakterien handelt.

Kamen außer Mikroorganismen auch höhere Pflanzen zur Entwicklung, wodurch die N-Aufnahme gesteigert wurde, dann war die N-Bilanz in stärkerem Maße von ihrem Wachstum abhängig.

15. Die langjährige unterschiedliche Düngung führte zu Änderungen der Bodenreaktion. Solche Änderungen waren sowohl unmittelbar nach der Düngung als auch nach etwa 6 Monaten (Gefäßversuche) und sogar noch später (Feldversuche) feststellbar, allerdings nahmen sie in den saueren Böden (Wellie und Kleinseelheim) größere Ausmaße an als in den anderen Standorten. Diese Änderungen bestanden darin, daß die Zufuhr organischer Substanz (Stroh bzw. Stalldung) zu einer Anhebung der pH-Zahlen (Verschiebung um + 0,2 bis + 0,7) dadurch führte, daß sie bzw. ihre Abbauprodukte eine hohe Pufferungskapazität besitzen. Der Stalldung, der in der Düngerstätte mit Humus angereichert wurde, rief die stärkste Anhebung der Bodenreaktion hervor, und zwar sowohl sofort nach seiner Zufuhr (um etwa 0,7 höher als die Kontrolle) als auch nach 6 Monaten (um etwa 0,6 höher) und in den Feldversuchen noch länger (um etwa 0,1 bis 0,4 höher, je nach dem Standort). Durch die Düngung mit Kalkstickstoff, dessen Abbauprodukte (Calciumhydroxid, Harnstoff und Ammoniak) alkalisch reagieren, wurde die Reaktion zunächst auf rein chemischem Wege gesteigert (in den ersten 2 Wochen um etwa 0,4 höher als die Kontrolle). Seine günstige Wirkung nahm zwar mit der Zeit ab, blieb jedoch länger als 6 Monate (um etwa + 0,2 höher) erhalten, möglicherweise dadurch, daß die Abbauprodukte der organischen Substanz durch die N-Versorgung zum Aufbau größerer Mengen wertvoller Huminsäuren (z.B. Braun- bzw. Grauhuminsäuren) gelenkt wurden. Eine Stützung dieser Annahme lieferten die Arbeiten u.a. von THEMLITZ (1947)

und NEHRING und WIESEMÜLLER (1968), die bei der Besprechung von Ammoniak- und Nitratbildung zitiert wurden. Von ähnlichen Anhebungen der Bodenreaktion berichteten mehrere Autoren, so z.B. durch Stalldung (STUMPE, 1967), durch Kalkstickstoff (SCHMALFUSS, 1963; KOLBE und SCHARF, 1967), durch Bestandteile bzw. Abbauprodukte des Kalkstickstoffs wie Ca O (SCHACHTSCHABEL, 1953) und Harnstoff (OVERREIN und MOE, 1967). Die UKa-Düngung zu Stroh verstärkte die positive Wirkung von Stroh allein (das die Reaktion um etwa 0,2 gegenüber Kontrolle an hob) etwa in dem gleichen Maße wie UKa₁ allein gegenüber der Kontrolle. Besonders in den ersten 6 Wochen nach der Düngung führte die Verdoppelung der UKa-Gabe zu Stroh auch etwa zu einer Verdoppelung der pH-Verschiebung. Dieses Verhalten unterliegt den Gesetzen der chemischen Reaktion, woraus zu schließen ist, daß die Wirkung der UKa-Düngung auf die Bodenreaktion in den ersten Wochen auf rein chemischem Wege hervorgerufen wird.

16. Die Ergebnisse der verschiedenen Komponenten der mikrobiologischen Aktivität in den Böden der Feldversuche ließen erkennen, daß sie unabhängig von der Düngungsart im Spätsommer bzw. Anfang Herbst ein Maximum erreichten. THALMAN (1967) konnte bei DHA und CO₂-Entwicklung ein ähnliches Maximum nachweisen. Auch TODOROVA (1966) stellte fest, daß die maximale Entwicklung der Bodenpilze im Spätsommer eintrat. In den Untersuchungen mit verschiedenen Bodentypen (Braunerde, Parabraunerde und Pararendzina) kam Eva KÖNIG (1966) ebenfalls zu dem Ergebnis, daß der Bakterien- und Pilzbesatz zwei Maxima aufweist, und zwar das erste im Frühjahr und das zweite im Herbst. Sie fand weiterhin, daß die Zellulosezersetzungsaktivität der Braunerde nach einem Anstieg im Frühjahr ein Absinken im Herbst aufwies. Dieses Absinken stand allerdings im Gegensatz zu eigenen Ergebnissen des Standorts Mühlfeld (Braunerde) bzw. auch der anderen Standorte (Parabraunerde, Cernosem-Parabraunerde und Heide-Podsol, s. Tab. 2), die einen starken Anstieg der Zahlen der Zellulosezerersetzer vom Frühjahr zum Spätsommer bzw. Anfang Herbst erkennen ließen und von mehreren Autoren gestützt wurde (s. Diskussion der Ergebnisse der Zellulosezerersetzer).

Die hohe Zahl und die starke Aktivität der Mikroorganismen im Frühjahr 1967, die nach einer sehr niedrigen Aktivität im Winter (THALMAN, 1967) festgestellt wurde, ist auf die im Frühjahr ansteigende Temperatur zurückzuführen. Außerdem führt der während des Winters auftretende Bodenfrost zu ähnlichen Wirkungen wie die Bodentrocknung. Danach treten einige Schwankungen auf, deren Ausmaß von Klima, Kulturpflanze und Nährstoffhaushalt (vor allem Stickstoffversorgung) abhängig ist.

Das zweite, größere Maximum im Spätsommer bzw. Anfang Herbst war darauf zurückzuführen, daß

a) Eine Zufuhr von leicht abbaubarer organischer Substanz erfolgte (abgestorbene Wurzeln der geernteten Kulturpflanzen bzw. Unterbringung von Stroh oder Stalldung).

b) Die Bodentemperatur bzw. -feuchte eine schnelle Entwicklung der Mikroorganismen, insbesondere die Zellulosezerersetzer noch nicht verhinderten.

c) Die Nährstoffe, vor allem Stickstoff, in erster Linie den Mikroorganismen zur Verfügung stand (Ernte des Getreides oder Reifestadium der Hackfrüchte).

17. Um den Einfluß des Faktors "Standort" auf Zahl und Aktivität der Mikroorganismen deutlich zu machen, wurden bei den Standorten Wellie (Well.), Hainhaus (Hain.), Wolstorf (Wols.), Roppe-rode (Ropp.) und Kleinseelheim (Klein.) Mittelwerte aus den Ergebnissen aller Düngungsvarianten in den Jahren 1966 und 1967 (DHA) bzw. nur 1967 (andere Untersuchungen) errechnet und zu den pH-Zahlen und den von THALMAN (1967) für diese Böden angegebenen chemischen und physikalischen Eigenschaften (Gesamt-C, -N, T- und H-Wert, Tongehalt %, Teilchen $< 20\mu$ % sowie Fruchtbarkeitsfaktor n. NIESCHLAG, 1965) gegenübergestellt. Aus den T- und H-Werten (m val/100 g Boden) wurden die V-Werte % $\left(\frac{T-H}{T} \times 100\right)$ errechnet und in gleicher Weise verwendet. Die Ertragszahlen konnten dafür leider nicht verwendet werden, weil in den verschiedenen Standorten verschiedene Früchte angebaut wurden. Diese Gegenüberstellung ließ, wie aus Darstellung(1) hervorgeht, folgende Tatsachen erkennen:

Darstellung 1: Die Rangfolge der Standorte nach ihrer mikrobiologischen Aktivität im Vergleich zu einigen chemischen und physikalischen Eigenschaften

Gegenstand	1	2	3	4	5
a) <u>DHA</u> (8 TPF/10 g Boden)	Ropp. (1037)	Wols. (979)	Klein. (834)	Well. (402)	Hain. (367)
b) <u>CO₂-URAS (in 20 St.)</u> (2 PPM CO ₂ /100 g B.)	Wols. (182)	Klein. (180)	Ropp. (145)	Well. (109)	Hain. (96)
c) <u>CO₂-ISERMEYER</u> (mg CO ₂ /100 g B./48 St.)	Wols. (17,7)	Well. (15,7)	Klein. (15,3)	Ropp. (14,3)	Hain. (9,5)
d) <u>Gesamtkeimzahl</u> (Mill./g Boden)	Wols. (105)	Ropp. (75)	Klein. (48)	Well. (44)	Hain. (35)
e) <u>Zellulosezer-setzer</u> (Taus./g Boden)	Wols. (923)	Ropp. (453)	Klein. (341)	Well. (162)	Hain. (38)
f) <u>pH ($\frac{n}{10}$ Kd)</u>	Wols. (6,83)	Ropp. (6,55)	Well. (5,72)	Hain. (5,67)	Klein. (5,35)
g) <u>H-Wert</u> (m val/100 g Boden)	Wols. (0,2)	Ropp. (1,1)	Klein. (2,3)	Well. (2,3)	Hain. (3,0)
h) <u>T-Wert</u> (m val/100 g Boden)	Wols. (10,8)	Ropp. (10,7)	Klein. (7,5)	Hain. (7,0)	Well. (6,5)
i) <u>V-Wert</u> %	Wols. (98,1)	Ropp. (89,7)	Klein. (69,3)	Well. (64,6)	Hain. (57,1)
j) <u>Tongehalt</u> %	Ropp. (12,1)	Wols. (10,6)	Klein. (10,3)	Well. (7,9)	Hain. (4,7)
k) <u>Teilchen < 20µ</u> %	Ropp. (45,0)	Wols. (37,1)	Klein. (34,2)	Well. (21,7)	Hain. (12,1)
l) <u>Gesamt-C</u> %	Hain. (2,65)	Wols. (1,20)	Ropp. (1,15)	Well. (1,02)	Klein. (1,00)
m) <u>Gesamt-N</u> %	Hain. (0,15)	Ropp. (0,11)	Klein. (0,11)	Wols. (0,10)	Well. (0,10)
n) <u>Fruchtbarkeitsfaktor</u> n. NIESCHLAG (1965)	Ropp. (79)	Klein. (69)	Wols. (64)	Well. (54)	Hain. (40)

a) Sowohl die Zahlen der Mikroorganismen (Gesamtkeimzahl und Zahl der Zellulosezer-setzer) als auch ihre Enzym- bzw. Atmungsaktivität waren in ihrer Höhe vom Standort abhängig. Bis auf sehr wenige Ausnahmen stimmte die Rangfolge der Standorte überein und die gefundenen Werte waren in Wolstorf fast immer am höchsten, in Hainhaus stets am niedrigsten.

b) Diese Unterschiede zwischen den etwa in gleicher Weise bewirtschafteten Standorten waren nicht auf ihre Gehalte an Gesamt-C oder -N zurückzuführen. So war die mikrobiologische Aktivität in Hainhaus die niedrigste, obwohl dieser Standort die höchsten C- und N-Gehalte aufwies. Außerdem zeigten die anderen Standorte recht große Unterschiede in der mikrobiellen Aktivität, während ihre C- und N-Gehalte etwa die gleichen waren. Das Verhalten von Hainhaus ist auf die saure Reaktion des Bodens und auf die ungünstige Humusform (Heide-Podsol, Anreicherung von niedermolekularen Fulvosäuren) zurückzuführen. Bei den anderen Standorten war das Fehlen einer Beziehung zwischen Aktivität und C-Gehalt darauf zurückzuführen, daß diese Böden den gleichen C-Gehalt aufwiesen, so daß der Einfluß anderer Faktoren (z.B. pH, T-Wert u.s.w.) auf Zahl und Aktivität der Mikroorganismen stärker zur Geltung kam. Das braucht aber keineswegs zu bedeuten, daß zwischen Aktivität und C- bzw. N-Gehalt keine Beziehungen bestehen. So stellten z.B. HOFMANN und HOFFMANN (1955) fest, daß der Enzymgehalt eines Bodens von Humus-, Tongehalt und Reaktionszustand abhängig ist. In seinen Untersuchungen an 30 Ackerböden stellte KOEPF (1954 b) fest, daß die Aktivität der Fermente Saccharase, Urease und β -Glucosidase, unabhängig vom Bodentyp, um so größer war, je größer die Anteile an abschlämmbaren Teilen und organischem C sind. In den weiteren Untersuchungen stellte KOEPF (1954 c) fest, daß sowohl Enzymaktivität als auch CO_2 -Entwicklung im Boden vom C/N-Verhältnis beeinflußt wird.

c) Eine Beziehung zur Bodenreaktion (pH) war nur insofern vorhanden, als Standorte mit deutlich höheren pH-Werten (Wols. u. Ropp.) eine wesentlich stärkere Aktivität zeigten als die mit niedrigerem pH (Klein., Well. und Hain.). Bei den saureren Böden war diese Beziehung noch lockerer, denn, während Kleinseelheim einen niedrige-

ren pH-Wert als Wellie bzw. Hainhaus aufwies, lagen seine Keim- und Aktivitätszahlen wesentlich höher.

d) Die Gesamtaustauschkapazität des Bodens (T-Wert) wies eine engere Beziehung zu den Keim- und Aktivitätszahlen auf als die Bodenreaktion. So stiegen sie mit der Zunahme des T-Werts an. Allerdings stellte der Anteil der austauschbaren H-Ionen (hydrolytische Acidität, H-Wert) an der Gesamtaustauschkapazität des Bodens eine Begrenzung für diese Beziehung dar. So waren Keim- und Aktivitätszahlen in Hainhaus (höherer T-Wert) kleiner als in Wellie (kleinerer T-Wert), weil der Boden von Hainhaus einen höheren H-Wert als Wellie aufwies. Im allgemeinen war ein entgegengesetztes Verhältnis zwischen Keim- und Aktivitätszahlen einerseits und H-Werten andererseits deutlich feststellbar. So nahmen die ersten mit der Abnahme der letzteren stark zu.

e) Am deutlichsten war die Beziehung zu der Basensättigung der Bodenkolloide (V-Wert %), die Keim- und Aktivitätszahlen nahmen mit zunehmender Basensättigung zu.

f) Die Beziehung zu dem Anteil der Teilchen $< 20 \mu$ war besser als zu dem Tongehalt des Bodens, obwohl beide in den geprüften Standorten die gleiche Rangfolge zeigten. Diese bessere Beziehung zwischen Keim- bzw. Aktivitätszahlen und dem Anteil der Teilchen $< 20 \mu$ ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß der Mikroorganismenbesatz in der Schluff-ein dichter war als in der Tonfraktion, die Enzyme werden also nach Autolyse der lebenden Zellen auch vom Schluff sorbiert. Ein ähnliches Verhalten stellte HOFFMANN (1959) bei Urease fest.

g) Der Fruchtbarkeitsfaktor nach NIESCHLAG (1965), der nur die Gehalte des Bodens an C, N und Teilchen $< 20 \mu$ berücksichtigte, brachte keine zufriedenstellende Beziehung zu den Keim- und Aktivitätszahlen. Auch THALMAN (1967) war der Ansicht, daß dieser Faktor bei der Beurteilung von Rankern und solchen Böden, die hinsichtlich ihrer Fruchtbarkeit schwer gegeneinander abzugrenzen waren, nicht genügte. Bei den in eigenen Versuchen geprüften Böden handelte es sich nicht um Ranker, sondern um Parabraunerde (Ropp., Klein. und

Wels.). So wurde der aktivste Boden von Wolstorf auf Grund seines Fruchtbarkeitsfaktors wesentlich schlechter benotet als Ryperode und sogar schlechter als Kleinseeheim. Daher scheint die Schlussfolgerung nicht unberechtigt, daß die Erstellung eines neuen Faktors zur Beurteilung der Böden nach ihrer Fruchtbarkeit notwendig ist. Ein solcher Faktor muß allerdings auch die mikrobiologische Aktivität des Bodens berücksichtigen.

h) Aus den obengenannten Tatsachen ist festzustellen, daß die mikrobiologische Aktivität des Bodens sich durch Düngungsmaßnahmen zwar mehr (organische Düngung) oder weniger (mineralische Düngung) stark beeinflussen läßt, ihre Höhe bleibt aber in bestimmten Grenzen, die von einigen chemischen (pH, hydrolytische Acidität, Austauschkapazität und Basensättigung) und physikalischen (Tongehalt und Gehalt an Teilchen $< 20^{\mu}$) Eigenschaften des Bodens gesetzt sind.

18. Die Frage, wann der Kalkstickstoff zugegeben werden sollte sowie die Gegenüberstellung der Ertragszahlen mit den verschiedenen Komponenten der mikrobiologischen Aktivität des Bodens, wurden bei der Diskussion der Ergebnisse der Feldversuche ausführlich erörtert.
19. Auf Grund der bei der Diskussion von Feld- und Gefäßversuchen abgeleiteten Schlussfolgerungen ist die direkte Anwendung von Getreidestroh, in Verbindung mit einer entsprechenden N-Menge (etwa 1 kg N/da zugegebenes Stroh), aus mikrobiologischer Sicht als eine Düngung zu betrachten, abgesehen davon, daß sie aus ackerbaulicher Sicht seit langer Zeit als eine der möglichen Düngungsmaßnahmen anerkannt wurde, denn die Zufuhr von Getreidestroh stellte eine Versorgung der Mikroorganismen mit leicht abbaubarer organischer Substanz sicher. Außerdem gelangen mit der Unterbringung von Stroh nicht unbeachtliche Mengen an Nährstoffen wie N, P, K, Ca, Mg usw. in den Boden, die sowohl für die Bodenmikroorganismen (unmittelbar nach der Strohzufuhr) als auch für höhere Pflanzen zugänglich sind. Weiterhin erfolgt bei der Einarbeitung von unverrottetem Stroh eine intensivere Entwicklung von CO_2 im Vergleich z.B. zu Stallmistdüngung, weil bei

Stroh sich alle Abbauprozesse im Boden abspielen, während bei Stallmist ein großer Teil des CO_2 in der Düngerstätte verlorengeht. Diese Tatsache wird an Bedeutung gewinnen, wenn die Ergebnisse der neueren Arbeiten über CO_2 -Begasung praktisch ausgewertet werden. So stellte z.B. NOURI (1969) fest, daß die Aufnahme aller Nährstoffe und die Erträge von Hafer und Raps durch Begasung mit 0,3 % CO_2 erhöht wurde.

20. In den viehschwachen bzw. viehlosen Betrieben kann aus mikrobiologischer Sicht auf die Dauer mit Getreidestroh in Verbindung mit N-Ausgleichsdüngern, z.B. mit Kalkstickstoff, ohne weiteres gedüngt werden. Eine Kombination von Stroh- und Gründüngung ist auch in den Standorten zu empfehlen, in denen die klimatischen Verhältnisse den Anbau von Zwischenfrucht zulassen. Daß die häufige Strohdüngung, in Verbindung mit N-Ausgleichsdüngung, in Standorten mit getreidereicher Fruchtfolge den Stallmist ersetzen kann, wurde auf Grund der in dieser Arbeit aufgeführten Ertragszahlen (5 bis 13 Erträge) und in Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Arbeiten festgestellt. So ermittelten auch KICK und DÖRR (1955) in einem 6-jährigen Feldversuch auf 6 verschiedenen Standorten sogar eine Überlegenheit des Strohs gegenüber Stallmist. Ebenso brachte die Strohdüngung in einem 7-jährigen Versuch im Limburgerhof von 6 verschiedenen Varianten, darunter auch Stallmistdüngung, die besten Erträge (Anonym, 1956). Nach einem 10-jährigen Versuch mit Stroh- und Stallmistdüngung kam KLOPP (1961) zu der Feststellung, daß beide Düngungen zu den gleichen Erträgen führten. Aus mikrobiologischer Sicht war eine überlegene Förderung der Mikroorganismen im Boden (Zahl und Aktivität) durch Stalldung gegenüber Stroh + Kalkstickstoff in Höhe von 60-120 kg N/ha nicht immer gesichert und das auch nur für kurze Zeit nach der Zufuhr. Wie zu erwarten, wurde die Bodenatmung durch Strohdüngung stärker gefördert als durch Stalldung, ebenso konnte erwartet werden, daß der Stalldung in der Nachwirkung überlegen war. Daher kann die Düngung mit Stallmist durch Strohdüngung + Mineralausgleichsdüngung ersetzt werden. Eine gelegentliche Einschaltung von Stalldung oder Gründüngung fördert die mikrobiologische Aktivität des Bodens nachhaltig.

Zusammenfassung

Die Frage der direkten Anwendung von Stroh wurde meistens im Zusammenhang mit dem Ertrag, dem Kreislauf des Stickstoffs und der Humusbildung untersucht. Die Wirkung der Unterbringung von unverrottetem Getreidestroh auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens wurde bisher wenig erforscht. Noch seltener wurde dieser Wirkung in langjährigen Feldversuchen oder in Laborversuchen Beachtung geschenkt. Das gleiche war bei Kalkstickstoff festzustellen, der beim Einarbeiten des Strohs häufig als N-Ausgleichsdünger verwendet wird. Daher bestand die Aufgabe der vorliegenden Arbeit darin, die Wirkung der direkten Anwendung von Getreidestroh auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens zu studieren.

Dafür wurden in verschiedenen Jahreszeiten (Frühjahr, Sommer und Herbst) Bodenproben aus 7 verschiedenen Feldversuchen (von Hannover im Norden bis München im Süden) untersucht, die 10-12 Jahre gelaufen waren und 5- bis 11-mal Stroh bekommen hatten. Mit dem Boden aus den einzelnen Parzellen eines der untersuchten Feldversuche (Kleinseelheim/Marburg) wurden mit den gleichen Düngungsvarianten zwei Gefäßversuche im Gewächshaus durchgeführt. Dabei wurden Temperatur ($20 \pm 2^\circ \text{C}$) und Bodenfeuchte (60 % der Wasserkapazität) konstant gehalten. Die Düngungsvarianten waren sowohl in den Feld- als auch in den Gefäßversuchen folgende:

Düngungsvariante	Bezeichnung
I ohne Stroh, ohne Kalkstickstoff	Kontrolle
II ohne Stroh, mit Kalkstickstoff (60 kg N/ha)	UKa ₁
III 60 dz/ha Stroh, ohne Kalkstickstoff	Stroh allein
IV 60 dz/ha Stroh, mit Kalkstickstoff (60 kg N/ha)	Stroh + UKa ₁
V 60 dz/ha Stroh, mit Kalkstickstoff (120 kg N/ha)	Stroh + UKa ₂
VI 250 dz/ha Stalldung	Stalldung

Im 1. Gefäßversuch wurde die Wirkung der Düngungsvarianten auf die Bodenmikroorganismen bzw. ihre Aktivität untersucht, da nur die Entwicklung der Mikroorganismen geprüft werden sollte. Im 2. Gefäß-

versuch wurde der Verlauf der mikrobiologischen Aktivität auch unter dem Einfluß zusätzlicher Faktoren in 4 Gruppen geprüft, und zwar

- a) Bedingungen ebenso wie im 1. Gefäßversuch und unter dem Einfluß von
- b) Algen, Moosen und Unkräutern,
- c) wie b + Spinat als Versuchspflanze und
- d) wie c + Kopfdüngung mit Ammoniumnitrat in Höhe von 40 kg N/ha 55 Tage nach dem Ansetzen des Versuchs.

Nach 0, 1, 12, 24, 48, 72 Stunden und nach 7, 14 Tagen und weiter alle 2 Wochen bis zum 182. Tag im 1. bzw. bis zum 84. Tag im 2. Gefäßversuch wurden Bodenproben untersucht. Die Bodenproben aus den Feldversuchen und Gefäßversuchen unterlagen folgenden Untersuchungen: Dehydrogenaseaktivität (DHA), Bodenatmung (CO_2 -Entwicklung) mittels der Methoden ISERMEYER und URAS, Gesamtkeimzahl, Pilzzahl auf 2 Nährmedien, Zahl der Azotobakterzellen, der Aktinomyceten und der Zellulosezerersetzer, Ammoniakbildung (Ammoniakgehalt), Nitratbildung (Nitratgehalt) und schließlich Bodenreaktion (pH). Die Ergebnisse der Untersuchungen der Feld- und Gefäßversuche, die im Text dargelegt und diskutiert wurden, können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Die Unterbringung von unverrottetem Getreidestroh rief ein reges Bodenleben hervor, das in der Förderung der DHA, der CO_2 -Entwicklung bzw. in der Anhebung der Gesamtkeimzahlen, der Zahlen der Pilze, der Aktinomyceten, der Zellulosezerersetzer und schließlich der Bodenreaktion (pH) ihren Ausdruck fand.
2. Das Ausmaß der Wirkung der Strohzufuhr auf die mikrobiologische Aktivität wurde u.a. von der N-Versorgung, der Anwesenheit höherer Pflanzen, der Jahreszeit (klimatische Verhältnisse, wie Temperatur und Feuchtigkeit) und von der Bodenreaktion beeinflusst.
3. Die Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf jede Komponente der mikrobiologischen Aktivität des Bodens (Gefäßversuche) ist einem gesetzmäßigen, zeitlichen Rhythmus unterworfen. Diese Rhythmen bestanden darin, daß die stärkste Förderung innerhalb der ersten 4 Wochen nach der Zufuhr des feingemahlten Wi-Weizen-

strohs eintrat. Als erste war die maximale CO_2 -Entwicklung (in den ersten 24 Stunden) bei allen Düngungsvarianten festzustellen. Bei den anderen Untersuchungen traten die maximalen Werte etwas später auf, und zwar wurden sie bei der Ammoniakbildung am 3., bei der DHA, den Zahlen der Pilze bzw. der Zellulosezersetzer am 7., bei den Gesamtkeimzahlen am 14. und bei den Aktinomycceten vom 42. bis zum 75. Tag ermittelt. Nachdem die Förderung ihr Maximum erreicht hatte, nahm sie je nach der Düngungsart zwar mit unterschiedlicher Geschwindigkeit stark ab, blieb aber lange erhalten (bis zu mehreren Monaten). Das zeitlich unterschiedliche Auftreten des Maximums bei den verschiedenen Untersuchungen sowie die am Anfang und nur kurzfristig eintretende fördernde Wirkung der Wiederbefeuchtung des lufttrocken gelagerten Bodens (12 Wochen) auf seine mikrobiologische Aktivität (Gefäßversuche) wurden eingehend diskutiert. Bei der Unterbringung von nichtgemahlenem, sondern nur gehäckseltem Stroh und bei schwankenden niedrigen Temperaturen bzw. Wassergehalten (Feldversuche), dürften sich diese zeitlichen Rhythmen ausdehnen oder verschieben.

4. Die Unterbringung von Stroh führte nicht nur zu einer stärkeren Förderung der DHA als UKa_1 , sondern sie hielt auch länger an (über 11 Monate) als bei UKa_1 (höchstens 2 Wochen). Die einfache UKa-Gabe zu Stroh verstärkte dessen Wirkung beachtlich. Die Verdoppelung der UKa-Gabe zu Stroh brachte zwar einen weiteren Anstieg der DHA mit sich, jedoch war der Anstieg bei der erhöhten N-Menge relativ geringer (Ertragsgesetz). Die stärkste DHA wurde häufig bei der Variante Stalldung nachgewiesen. Die überlegene Wirkung des Stalldungs gegenüber Stroh + UKa_2 war nicht immer die Regel, gegenüber Stroh allein jedoch stets deutlich. In der Nachwirkung war der Stalldung allerdings immer überlegen. Die Gründüngung (Lihoraps) führte insbesondere bei der Variante Stroh allein zu einer Intensivierung der DHA, die jedoch später durch das Wachstum von Futterrüben (Standort Mühlfeld) verzögert wurde. Das Auftreten einer solchen Verzögerung ließ sich allerdings durch UKa-Düngung (beide Gaben) vermeiden.

5. Aus den Gefäßversuchen konnten außerdem folgende grundlegende Ergebnisse festgestellt werden:

a) Die Dehydrogenaseaktivität des Bodens ist hauptsächlich ein Werk der Mikroorganismen allein. Daher läßt sie sich von den auf die Mikroorganismen wirkenden Faktoren zwar beeinflussen, jedoch blieb das Ausmaß eines solchen Einflusses kleiner als bei den Mikroorganismen selbst. Infolgedessen ist die DHA im Vergleich zu den Zahlen der Mikroorganismen im Boden kleineren Schwankungen unterworfen.

b) Die verschiedenen höheren Pflanzen können unterschiedliche Wirkungen auf die Enzymaktivität im Boden ausüben.

c) Die Wirkung der mineralischen N-Düngung allein und unabhängig von ihrer chemischen Zusammensetzung auf die DHA ist nur während der ersten Tage nach der Zufuhr erfaßbar.

d) Die Einflüsse der verschiedenen Düngungsmaßnahmen auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens können in Gefäßversuchen (auch ohne höhere Pflanzen) mit Hilfe der DHA mit Sicherheit festgestellt werden, und zwar deswegen, weil die Rangfolge der Düngungsvarianten, trotz der Wirkung der geprüften biologischen Faktoren die gleiche blieb, nämlich:

Stallung > Stroh + UKa₂ > Stroh + UKa₁ » Stroh allein » UKa₁ > Kontrolle.

6. Die fördernde Wirkung der verschiedenen Düngungsarten zeigten in der CO₂-Entwicklung (URAS) und DHA eine weitgehende Übereinstimmung. Bei den Ergebnissen der Methode ISERMEYER konnte dagegen eine solche Übereinstimmung oft nicht festgestellt werden, weil sie hinsichtlich ihrer Genauigkeit der Methode URAS unterlegen ist. Da ein hoher Humifizierungsgrad des Düngers und gute CO₂-Produktion im Boden nicht zu vereinen sind, wurde die CO₂-Entwicklung durch Strohzufuhr stärker gefördert als durch Stallung. Demgegenüber war die fördernde Nachwirkung des Stallungs stärker bzw. eine länger anhaltende als bei Stroh. Durch das Wachstum höherer Pflanzen wurde die CO₂-Produktion um etwa 5 bis 30 % angehoben (Wurzelatmung und Förderung der mikrobiellen Ak-

tivität). Wie bei der DHA können die Einflüsse der verschiedenen Faktoren (u.a. Düngung, höhere Pflanzen und klimatische Faktoren) auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens (in Gefäßversuchen) auch mit Hilfe der Messung der CO_2 -Entwicklung eindeutig erfaßt werden.

7. Die Gesamtkeimzahlen verhielten sich gegenüber den verschiedenen Düngungsarten (darunter auch die Gründüngung) nicht anders als die DHA. So war eine weitgehende Übereinstimmung zwischen Keimzahl und Enzymaktivität nicht nur während der ersten Wochen feststellbar, sondern sie wurde über Monate hinweg nachgewiesen. Weiterhin hatte die Abnahme der Gesamtkeimzahlen, z.B. während der Auskeimung der Samen höherer Pflanzen, eine Schwächung der DHA zur Folge. Dagegen war die später eintretende Anhebung der Keimzahlen (Förderung durch höhere Pflanzen) stets von einer Intensivierung der DHA begleitet. Allerdings war die fördernde Wirkung der UKa-Düngung sowohl allein (UKa_1) als auch zu Stroh ($\text{Stroh} + \text{UKa}_1$ und $\text{Stroh} + \text{UKa}_2$) auf die Gesamtkeimzahlen noch ausgeprägter als auf die DHA (besonders im 2. Gefäßversuch). Die Einflüsse der obengenannten Faktoren auf die mikrobielle Aktivität (auch in Gefäßversuchen) können ebenso mit Hilfe der Bestimmung der Gesamtkeimzahlen auf Bodenextrakt-Agar eindeutig ermittelt werden.
8. Die Wirkung der verschiedenen Düngungsarten auf die Zahlen der Zellulosezerersetzer war die gleiche wie auf die der Gesamtkeimzahlen. Das Ausmaß der Förderung war allerdings stärker (Anstieg bis auf etwa das 400-fache der Ausgangszahlen) als bei den Gesamtkeimzahlen (Anstieg nur auf etwa das 4-10-fache), und zwar war sie besonders stark bei den mit UKa zu Stroh gedüngten Böden. Sie zeigte bei allen Düngungsarten zwei Gipfelpunkte, die auf einen Populationswechsel der aeroben zellulosezersetzenden Bakterien hindeuteten. Die höheren Pflanzen wirkten fördernd auf die Zellulosezerersetzer, vermutlich durch die in ihren Ausscheidungen enthaltenen Vitamine. Eine Zunahme ihrer Zahlen vom Frühjahr zum Spätsommer bzw. Herbst (nach der Ernte) wurde fast immer festgestellt (Feldversuche) und sie war deutlicher als bei den anderen Organismen.

9. In den saureren Böden wurden höhere Pilzzahlen ermittelt und die unterschiedliche Wirkung der verschiedenen Düngungsarten war deutlicher. Die Düngung mit UKa₁ (60 kg N/ha) sowohl allein als auch zu Stroh führte zu einer erheblichen Förderung der Pilze, mit der doppelten Gabe (120 kg N/ha) jedoch nicht so stark. Diese geringere Förderung der Entwicklung der Pilze bei UKa₂, im Vergleich zu UKa₁, konnte nicht auf die Wirkung des Cyanamids zurückgeführt werden, andere mögliche Ursachen wurden diskutiert.
10. Im Gegensatz zu den bei Pilzen erzielten Ergebnissen übte die doppelte UKa-Gabe zu Stroh eine während der ersten 6 Wochen deutlich verzögernde Wirkung auf die Entwicklung der Aktinomyzeten im Vergleich zu der einfachen UKa-Gabe zu Stroh aus, die ihrerseits eine Förderung gegenüber Stroh allein aufwies. Die sich langsam entwickelnden Aktinomyzeten wurden von den schneller wachsenden Bakterien (Gesamtkeimzahl und Zellulosezerersetzer) und Pilzen zurückgedrängt. Trotzdem war auch hier eine gute Übereinstimmung mit den anderen Ergebnissen vorhanden.
11. Während die Ammoniakbildung durch die einfache UKa-Gabe stark und durch die doppelte Gabe noch stärker gefördert wurde, war eine durch die einfache Gabe verursachte Verzögerung der Nitratbildung deutlich festzustellen. Durch Erhöhung der Kalkstickstoffmenge (UKa₂) wurde diese Verzögerung nicht nur verstärkt, sondern ihre Dauer wurde auch verlängert (bei UKa₁ 2-4 und bei UKa₂ 4-6 Wochen). Die Abnahme der Nitratwerte deuteten auf einen N-Einbau in schwer zersetzbare organische Verbindungen hin.
12. Die häufige Unterbringung von Stroh bzw. Stalldung und die UKa-Düngung führten zur Anhebung der Bodenreaktion (pH). Sie nahm in den saureren Böden ein größeres Ausmaß an, trat sofort nach der Düngung auf, nahm zwar mit der Zeit ab und blieb dann aber länger als ein Jahr erhalten.
13. Unabhängig von der Düngungsart zeigten die Keim- und Aktivitätszahlen bei den geprüften Standorten zwei Maxima, und zwar ein kleineres im Frühjahr und ein größeres im Spätsommer bzw. Anfang Herbst.

14. Die Ertragszahlen (Mittelwerte $\bar{\phi}$ 5-13 Erträge) wiesen in der Tendenz mit denen der Mikroorganismen bzw. der Aktivität bei den Düngungsvarianten eine gute Übereinstimmung auf, die neben dem Stroh eine UKa-Düngung erfuhren. Die mineralische N-Düngung allein (UKa₁) wirkte mehr auf den Ertrag als auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens. Stroh allein verhielt sich entgegengesetzt. Die Erträge (Mittelwerte) nach Gaben von Stroh + UKa bzw. UKa₂ in den Feldversuchen waren denen des Stalldüngs überlegen.
15. Eine deutliche Beziehung wurde zwischen Keim- und Aktivitätszahlen einerseits und pH, T-, H- und V-Wert, Tongehalt und dem Anteil an Teilchen $< 20 \mu$ andererseits festgestellt. So stiegen die Keim- und Aktivitätszahlen von einem Standort zum anderen mit der Zunahme des pH, T-, V-Wertes, des Tongehalts und schließlich des Anteils an Teilchen $< 20 \mu$ an. Mit steigender hydrolytischer Acidität (H-Wert) nahmen sie dagegen stark ab. Zu den C- und N-Gehalten sowie zu den Fruchtbarkeitsfaktoren nach NIESCHLAG (1965) war eine enge Beziehung nicht festzustellen.
16. Von der mikrobiologischen Sicht her kann auf die Dauer mit Getreidestroh in Verbindung mit N-Ausgleichsdüngung ohne Nachteile gedüngt werden. In Standorten mit möglichem Zwischenfruchtanbau ist die Kombination mit Gründüngung von Vorteil.
17. In Standorten mit getreidereichen Fruchtfolgen kann die häufige Strohdüngung den Stalldung ersetzen. Um aber die überlegene Nachwirkung des Stalldüngs auszunutzen, wirkt eine gelegentliche Stallmistdüngung fördernd.

Literaturverzeichnis

- AHRENS, E. Der Einfluß organischer und mineralischer Dünger auf das Verhalten von Azotobakter und die Möglichkeit seines quantitativen Nachweises. Zbl. Bakt. II 117, 255-281 (1963)
- ALLISON, F.E. Effect of calcium cyanamide and related compounds on the number of microorganisms in the soil. J. Agric. Res. 28, 1159-1166 (1924)
- AMBERGER, A. Untersuchungen zum Atmungsstoffwechsel von Cercospora herpotrichoides Fron. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 107, 105-113 (1964)
- AMBERGER, A. Wirkungsmechanismus von Cyanamid auf den Atmungsstoffwechsel parasitärer Pilze. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 119, 1-10 (1968)
- ANONYM Zur Frage der Strohdüngung. Die Landarbeit, Jg. 7, 43 (1956). Zit. n. BARBIER (1962)
- ANSORGE, H. und G. KÜHN Die strohlose Haltung von Rindern auf Gummimatten. Dtsch. Landwirtschaft. 16, 39-42 (1965)
- ANSORGE, H. (a) Untersuchungen über die Wirkung des Stallmists im "Statischen Versuch" Lauchstädt. 4. Mitt.: Veränderung der Mikroorganismenaktivität im Boden. Thaer-Arch. 10, 575-583 (1966)
- ANSORGE, H. (b) Ergebnisse von achtjährigen Versuchen zur Überprüfung verschiedener organischer Düngemittel, insbesondere der Strohdüngung, auf verschiedenen Standorten. 1. Mitt.: Erträge. ibd. S. 1035-1045 (1966)
- ANSORGE, H. (c) Die Wirkung der Strohdüngung auf Ertrag und Bodenfruchtbarkeit. Feldwirtschaft 7, 589-592 (1966)
- BALKS, R. und I. REEKERS Bestimmung des Nitrat- und Ammoniakstickstoffs im Boden. Landw. Forsch. 8, 7-13 (1955)

- BARBIER, S. · Heutiger Stand der Strohdüngung. Bodenkultur, Ausg. A 13, 198-225 (1962)
- BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT MÜNCHEN Bodenkarte von Bayern 1:2500 (1963)
- BECK, T. Mikrobiologie des Bodens. Bayerischer Landwirtschaftsverlag München, Basel, Wien (1968)
- BERGMANN Betriebswirtschaftliche Fragen der Strohdüngung. Kali-Briefe - 4. Folge/April 1958
- BEST, R. Beitrag zur Kalkstickstoffumsetzung. Diss. Gießen (1933)
- BIRCH, H.F. The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. Plant and Soil 10, 9-31 (1958)
- BIRCH, H.F. Further observations on humus decomposition and nitrification. Plant and Soil 11, 262-286 (1959)
- BOGUSLAWSKI, E. v. Verwertung der Strohernten als Strohdüngung. Arbeiten der DLG, Band 96 (1964)
- BOGUSLAWSKI, E. v. und J. DEBRUCK Stroh- und Gründüngung in Getreidebetrieben. Mitt. der DLG, Jg. 85, H. 33, 1104-1110 (1970)
- BREMNER, J.M. Magnesium oxid-Devarda alloy for soil extracts. In C.A. BLACK: Methods of Soil Analysis. Madison, II, 1195-1200 (1965)
- CHANDRA, P. and W.B. BOLLEN Effect of wheat Straw, nitrogenous fertilizers and carbon-to-nitrogen ratio on organic decomposition in a subhumid soil. J. agric. Food. Chem; 8, 19-24 (1960)
- DAVY, H. Elements of agricultural chemistry. (1908) Zit. n. RANGE, 1966
- DOMSCH, K.H. Bodenatmung, Sammelbericht über Methoden und Ergebnisse. Zbl. Bakt. II 116, 33-78 (1963)
- ENGEL, H. Über die Zersetzung und Wirkung von Strohdünger im Boden. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. A 20, 43-77 (1931)

- FEDEROW, M.W. Biologische Bindung des atmosphärischen Stickstoffs. Übers. a.d. Russ. VEB deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin (1960)
- FEHER, D. und M. FRANK (a) Vergleichende Untersuchungen über den biologischen Aktivitätsgrad der Böden. Arch. f. Mikrobiol. 8, 27-40 (1937)
- FEHER, D. und M. FRANK (b) Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur und des Wassergehaltes auf die Tätigkeit der Mikroorganismen des Bodens. ibd. S. 249-287 (1937)
- FRANZ, H. Feldbodenkunde. S. 539, Verlag G. Fromme (1960)
- FRERCKS, W. und D. PUFFE Über die Keimzahlbestimmungen, Zellulosezersetzung und die Stickstoffwirkung auf den Zersetzungsvorgang in Moorböden und Sandmischkulturen unterschiedlicher Aufkalkung. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 89, 27-42 (1960)
- FREYTAG, H.E. Kohlendioxyd-Abgabe in Abhängigkeit von Bodenfeuchtezustand. Thaer-Arch. 11, 397-404 (1967)
- GAISTYAN, A.Sh. Enzyme activity and the intensity of respiration of soil. Dokl. Akad. Nauk 127, 1099-1102 (1959). Zit. n. DOMSCH (1963)
- GAISTJAN, A.S.^v K metodike operdelenija aktivnosti degidraz v počve. Dokl. Akad. nauk Armjanskoj SSR, Erevan 35, 181-184 (1962) Zit. n. THALMANN (1967)
- GAMBOGI, P. e O. VERONA Sul potere anticrittogamico della calcio-cianamide Azione su di alcune specie del Gen. Fusarium. Estratto da L'Agricoltura Italiana-Luglio - S. 209-222, Agosto (1967)
- GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung. Verlag Chemie, Weinheim (1960)
- GLATHE, H. Die Verwertung von Mähdruschstroh auf dem Felde. Landtechnik, Jg. 8, H. 10, 345-349 (1953)

- GLATHE, H. (a) Kalkstickstoff und mikrobiologische Aktivität des Bodens. Mitt. der DLG H. 39, 1251-1253 (1970)
- GLATHE, H. (b) Kalkstickstoff und Mikroflora des Bodens. Z. Pflanzenernähr. u. Bodenk. im Druck (1970)
- GLATHE, H. und G. GLATHE Die Mikroorganismen des Bodens und ihre Bedeutung. Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. Bd. II/1, S. 551-649, Springer Verlag Wien, New York (1966)
- GLATHE, H. und A. THALMANN (a) Über die mikrobielle Aktivität und ihre Beziehungen zu Fruchtbarkeitsmerkmalen einiger Ackerböden unter besonderer Berücksichtigung der Dehydrogenaseaktivität (TTC-Reduktion): 1. Mitt.: Methodische Versuche zur Bestimmung der TTC-Reduktion. Zbl. Bakt. II 124, 1-23 (1970)
- GLATHE, H. und A. THALMANN (b) 2. Mitt.: Bestimmung der TTC-Reduktion im Boden in Laboratoriumsversuchen. ibd. S. 24-36 (1970)
- GLATHE, H. und A. THALMANN (c) 3. Mitt.: Mikrobiologische Untersuchungen an Proben von Freilandversuchen auf Böden mit unterschiedlichen Fruchtbarkeitsmerkmalen. ibd. S. 37-55 (1970)
- GRIFFITHS, E. and H.F. BIRCH Microbiological changes in freshly moistened soil. Nature (London) 189, 424 (1961)
- HAENSELER, C.M. and T.R. MOYER Effect of calcium cyanamide on the soil microflora with special reference to certain plant parasites. Soil Sci. 43, 133-152 (1937)
- HARMSSEN, G.W. Onderzoekingen over de celluloseontleding in den grond. Groningen - Batavia (1946). Zit. n. IMSCHENEZKI (1959)
- HIRTE, W.F. Arbeitsmethoden in der naturwissenschaftlichen und technischen Mikrobiologie, I. Die Anwendung der Verdünnungsplattenmethode zur Erfassung der Bodenmikroflora. Zbl. Bakt. II 119, 429-447 (1965)
- HOFFMANN, Gg. Verteilung und Herkunft einiger Enzyme im Boden. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 85, 97-104 (1959)

- HOFMANN, Ed. Enzymreaktionen und ihre Bedeutung für die Bestimmung der Bodenfruchtbarkeit. ibd. 56, 68-72 (1952)
- HOFMANN, Ed. (a) Über die Rolle der Enzyme bei der Humusbildung. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 69, 165-172 (1955)
- HOFMANN, Ed. und K. BRÄUNLICH (b) Der Saccharasegehalt der Böden unter dem Einfluß verschiedener Faktoren der Bodenfruchtbarkeit. ibd. 70, 114 (1955)
- HOFMANN, Ed. und Gg. HOFFMANN (c) Über Herkunft, Bestimmung und Bedeutung der Enzyme im Boden. ibd. 70, 9-16 (1955)
- HOFMANN, Ed. und W. HUNNIUS (d) Die Auswirkung verschiedener physiologischer Düngung auf einige Faktoren der Bodenfruchtbarkeit. ibd. 70, 104-114 (1955)
- IMSCHENEZKI, A.A. Mikrobiologie der Cellulose. Übers. a.d. Russ. Akademie Verlag Berlin (1959)
- ISERMAYER, H. Eine einfache Methode zur Bestimmung von Bodenatmung und der Karbonate im Boden. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 56, 26-38 (1952)
- JAGNOW, G. Untersuchungen über Keimzahl und biologische Aktivität von Wiesenböden. ibd. 82, 50-67 (1958)
- JAGNOW, G. Der Humushaushalt tropischer Böden und seine Beeinflussung durch Klima, Bodennutzung, Trocknung und Erhitzung. Habilitationsschrift, Gießen (1967)
- JAMES, N. Soil extract in soil microbiology. Canad. Journ. Microbiol. 4, 363 (1958)
- KAUFFUNGEN, Fr. Zur weiteren Kenntnis des Kalkstickstoffs, Cyanamids, Dicyandiamids und einiger daraus hergestellten Verbindungen. ETH Zürich, Diss. (1918)
- KICK, H. Zur Frage der Strohdüngung. Mitt. der DLG 70, 835-836 (1955)
- KICK, H. und R. DÖRR Untersuchungen zur Versorgung von Ackerböden mit organischer Masse durch Stroh und Stallmist. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 70, 124-137 (1955)

- KICK, H. Über die Höhe der Stickstoffestlegung bei Strohdüngung. Mitt. der DLG 72, 600 (1957)
- KICK, H. Das Stroh verkaufen oder damit düngen. Mitt. der DLG 76, 31 (1961)
- KLAPP, E. Die Humuswirkung. DLP, S. 430 (1961)
Zit. n. BARBIER (1962)
- KÖNIG, E. Der jahreszeitliche Wechsel des Mikroorganismenbesatzes in verschiedenen Bodenprofilen. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 111, 23-37 (1966)
- KOEPP, H. Bodenatmung, die Möglichkeit ihrer Bestimmung für die Charakterisierung des Bodenzustandes. Diss. Hohenheim (1950)
- KOEPP, H. Bodenklima und Bodenatmung. Ber. Dtsch. Wetterdienst US-Zone 32, 34-37 (1952)
Zit. n. KOEPP (1966)
- KOEPP, H. Die Temperatur/Zeit - Abhängigkeit der Bodenatmung. Experimentelle Untersuchung unter Verwendung des Ultrarotabsorptions-schreibers (URAS). Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 61, 29-48 (1953)
- KOEPP, H. (a) Die biologische Aktivität des Bodens und ihre experimentelle Kennzeichnung. ibd. 64, 138-146 (1954)
- KOEPP, H. (b) Experimenteller Beitrag zur Bodenbeurteilung mittels biochemischer Methoden: I. Enzymreaktionen und CO₂-Ausscheidung bei verschiedenen Böden. ibd. 67, 262-270 (1954)
- KOEPP, H. (c) II. Enzymreaktionen Und CO₂-Ausscheidung des Bodens bei einem statischen Düngungsversuch und den drei Hauptkulturarten. ibd. 67, 271-277 (1954)
- KOEPP, H. (d) Untersuchungen über die biologische Aktivität des Bodens, Teil I: Atmungskurven des Bodens und Fermentaktivität unter dem Einfluß von Düngung und Pflanzenwachstum. Z. Acker- u. Pflanzenbau 98, 289-312 (1954)
- KOEPP, H. (a) Zur Bodenbeurteilung mittels biochemischer Methoden. ibd. 100, 37-40 (1956)

- KOEPP, H. (b) Zur Dynamik des Abbaues organischer Substanzen in verschiedenen Böden. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 73, 48-59 (1956)
- KOEPP, H. Die Bodenluft. Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. Bd. II/1, 717-744, Springer Verlag Wien, New York (1966)
- KOLBE, G. und H. SCHARF Der Einfluß verschiedener N-Formen und N-Mengen auf Pflanzenertrag und Bodenreaktion in einem langjährigen Düngungsversuch. 2. Mitt.: Einfluß auf Bodenazidität. Thaer-Arch. 11, 115-120 (1967)
- KONONOVA, M.M. Soil organic matter, its nature, its role in the formation and in soil fertility. p. 111-181, Pergamon Press, Oxford (1966)
- KRAINSKI, A. Die Aktinomyceten und ihre Bedeutung in der Natur. Zbl. Bakt. II 41, 649-688 (1914)
- KÜHNELT, W. Bodenbiologie mit besonderer Berücksichtigung der Tierwelt. Wien (1950). Zit. n. MÜLLER, G. (1965)
- KÜSTER, E. Untersuchungen über die Bildung von Humusstoffen durch Mikroorganismen. Arch. Mikrobiol. 15, 1-12 (1950)
- KUHN, J. und O. DRECHSEL Der Einfluß des Kalkstickstoffs auf das Bakterienleben im Boden. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 7, 105-118 (1928)
- LASTING, V. Über die mikrobiologischen Prozesse in Böden bei der Anwendung von Lupinen als Gründüngung. 1966 (Referat a. d. Russ. Landwirt. Zbl. II, Jg. 13, S. 787, (1968)
- LEMMERMANN, O. und W. GRÜTZ Zur Frage der Strohdüngung. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 44, 1-6 (1949)
- LEMMERMANN, O. und H. KAIM Untersuchungen über den Kohlensäuregehalt der Luft über mit Stalldünger gedüngten Boden. ibd. 3, 1-8 (1924)
- LEMMERMANN, O. und H. WEISSMANN Über den Verlauf der Kohlensäurebildung im Boden. ibd. 3, 387-395 (1924)

- LENHARD, G. Die Dehydrogenaseaktivität des Bodens als Maß für Mikroorganismen-tätigkeit im Boden. Z. Pflanzenernähr., Düng., Boden-k. 73, 1-11 (1956)
- LENHARD, G. Die Dehydrogenaseaktivität des Bodens als Maß für die Menge an mikrobiell abbaubaren Humusstoffen. ibd. 77, 193 (1957)
- LENHARD, G. Bestimmung der verfügbaren Pflanzennährstoffe durch Ermittlung der Dehydrogenaseaktivität des Bodens. ibd. 99, 182-190 (1962)
- LÖHNIS, F. and H.H. GREEN The formation and decomposition of humus as well as its actions on nitrogen assimilation. Zbl. Bakt. II 40, 52-60 (1914)
- LOPRIENO, N. und O. VERONA Verbundwirkung von UV-Strahlen und Kalkstickstoff auf die Keimung von Pilzen. (Ital.) Ric. Sci. 34 (II-B), 65-70 (1964)
- LUNDEGÅRDH, H. Der Kreislauf der Kohlensäure in der Natur. G. Fischer Verlag, Jena (1924)
- MAEDER, H. Chemische und pflanzenphysiologische Untersuchungen mit Rottestroh. Diss. Gießen (1960)
- MEYER, L. und G. SCHAFFER Atmungskurven des Bodens unter dem Einfluß von Düngung und Bewachsung. Landw. Forschung 6, 81-95 (1954)
- MÜLLER, G. Bodenbiologie. G. Fischer Verlag, Jena (1965)
- MÜLLER, H. Über die Wirkung des Cyanamids im Kalkstickstoff auf die verschiedenen Mikroorganismengruppen, insbesondere auf Schädlinge im Boden. Mitt. Biol. Zentralanst. f. Land- und Forstwirtsch., Berlin - Dahlem 74, 23-27 (1952)
- MÜLLER, H. Untersuchungen über die Wirkung des Cyanamids im Kalkstickstoff auf pathogene und nichtpathogene Mikroorganismen des Bodens. Arch. Mikrobiol. 22, 285-306 (1955)
- MURRAY, F.J. The effect of straw on the biological soil process. Soil Sci. 12, 232-259 (1921)

- RAUHE, K.,
I. LEHNE und
R. LAUE
Der Dauerdüngungsversuch "Ewiger Roggenbau" in Halle und die Bodenfruchtbarkeit. 1. Teil. Die Ertragsentwicklung. Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, math.-naturwiss. R. 15, 7-14 (1966)
- RAUHE, K. (a)
Wirtschaftseigene Düngemittel: Stallmist, Jauche und Gülle. Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. Bd. II/2, S. 908-953 (1968)
- RAUHE, K. (b)
Stroh. ibd. S. 953-963 (1968)
- RAUHE, K. (c)
Zuführung von organischer Substanz durch Gründüngung. ibd. S. 981-993 (1968)
- RAUHE, K.,
G. DITTRICH und
A. KUNZE (d)
Die Wirkung verschiedener langjähriger Düngungsmaßnahmen auf Pflanzenertrag und Humusversorgung des Bodens in einem Dauerversuch auf Lösslehm Boden. Thaer-Arch. 12, 733-745 (1968)
- REINHARD, G.
Untersuchungen über die Einwirkung von Lignin und dessen Abbauprodukten auf das Wachstum und den Stoffwechsel von Pflanzen. Diss. Gießen (1961)
- REMY, Th.
Untersuchungen über die Wirkungen des Kalkstickstoffs auf verschiedene Bodenarten. Landw. Jahrb. 25, Erg. Bd. 4, 114-133 (1906)
- RÜBSAM, E.,
K. STEINBRENNER und
F. NAGLITSCH
Die Veränderungen der Bodenmikroflora und -mesofauna, Thyrower Nährstoffmangelversuch. Thaer-Arch. 6, 403-412 (1962)
- SANDHOFF, H.
Strohdüngung nach Mähdrusch. Landbau Verlag München (1961)
- SAUERLANDT, W. und
O. GRAFF
Fragen der direkten Zufuhr von Stroh zum Ackerboden. Bodenfruchtbarkeit Beiträge. Verlag Praxis u. Forschung, Oldenburg (1955)
- SAUERLANDT, W. und
K. v. GIERKE
Der Einfluß jährlicher Strohgabe auf die Erträge und einige Bodeneigenschaften. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 94, 104-115 (1961)
- SCHAEFFLER, H. und
J. ECKOLT
Stroh- und Stallmistdüngung, ein 5-jähriger Leistungsversuch. Prkt.-Bl. für Pflanzenbau u. Pflanzenschutz 54, 4, S. 125 (1959)

- PAULI, F.W. The biological assessment of soil fertility. Plant and Soil 22, 337-351 (1965)
- PICCI, G. e O. VERONA Die pilztötende Wirkung des Kalkstickstoffs auf Penicillium- und Aspergillus-Arten. (Ital.) Ric. Sci. 32 (II-B), 161-166 (1962)
- PICCI, G. e O. VERONA Verhalten zellulosolytischer Pilze unter der antikryptogamen Wirkung von Calciumcyanamid. (Ital.) Ric. Sci. 35 (II-B), 147-154 (1965)
- POCHON, J. et P. TARDIEUX Techniques d'analyse en microbiologie du sol. Edit. de la Tourelle, Saint Mandé, 91-94 (1962)
- RANGE, W. Ertragsbildung, Fußkrankheitsbefall und C/N-Umsatz im Boden in Abhängigkeit von Strohdüngung und Gründüngung in getreidereichen Fruchtfolgen. Diss. Gießen (1966)
- RATHSACK, K. Die Ammoniak- und Nitratbildung aus Kalkstickstoff in Abhängigkeit von der Düngungskonzentration. Bodenk. u. Pflanzenerng. 11 (56), 237-253 (1938)
- RATHSACK, K. Das Wesen der langanhaltenden Wirkung des Kalkstickstoffs. Nicht veröffentl. Vortrag auf der Jahreshauptversammlung der Kalkstickstoffherzeuger am 22.9.1967 in Frankfurt/M.
- RAUHE, K. und M. HESSE Über die Wirkung verschieden gelagerten Stalldüngers auf leichten und schweren Böden. (I. Mitt.), Z. Acker- u. Pflanzenbau 102, 283-298 (1957)
- RAUHE, K. und M. HESSE Über die Wirkung verschieden gelagerten Stalldüngers auf leichten und schweren Böden. (II. Mitt.), ibd. 110, 135-152 (1960)
- RAUHE, K., I. LEHNE und V. KOEPKE Der Einfluß einer Bodenbedeckung mit organischen Stoffen auf die Nährstoffverhältnisse in Boden und Pflanze. Thaer-Arch. 5, 125-139 (1961)
- RAUHE, K. Neue Forschungsergebnisse zum Problem der Ertragssteigerung im Getreide- und Hackfruchtbau in Abhängigkeit von der Humusversorgung. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Landwirtschaft. Fak., Votr.-Tag. 13, S. 37-59 (1965)

- RAUHE, K.,
I. LEHNE und
R. LAUE
Der Dauerdüngungsversuch "Ewiger Roggenbau" in Halle und die Bodenfruchtbarkeit. 1. Teil. Die Ertragsentwicklung. Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, math.-naturwiss. R. 15, 7-14 (1966)
- RAUHE, K. (a)
Wirtschaftseigene Düngemittel: Stallmist, Jauche und Gülle. Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. Bd. II/2, S. 908-953 (1968)
- RAUHE, K. (b)
Stroh. ibd. S. 953-963 (1968)
- RAUHE, K. (c)
Zuführung von organischer Substanz durch Gründüngung. ibd. S. 981-993 (1968)
- RAUHE, K.,
G. DITTRICH und
A. KUNZE (d)
Die Wirkung verschiedener langjähriger Düngungsmaßnahmen auf Pflanzenertrag und Humusversorgung des Bodens in einem Dauerversuch auf Lößlehm Boden. Thaer-Arch. 12, 733-745 (1968)
- REINHARD, G.
Untersuchungen über die Einwirkung von Lignin und dessen Abbauprodukten auf das Wachstum und den Stoffwechsel von Pflanzen. Diss. Gießen (1961)
- REMY, Th.
Untersuchungen über die Wirkungen des Kalkstickstoffs auf verschiedene Bodenarten. Landw. Jahrb. 25, Erg. Bd. 4, 114-133 (1906)
- RÜBSAM, E.,
K. STEINBRENNER und
F. NAGLITSCH
Die Veränderungen der Bodenmikroflora und -mesofauna, Thyrower Nährstoffmangelversuch. Thaer-Arch. 6, 403-412 (1962)
- SANDHOFF, H.
Strohdüngung nach Mähdrusch. Landbau Verlag München (1961)
- SAUERLANDT, W. und
O. GRAFF
Fragen der direkten Zufuhr von Stroh zum Ackerboden. Bodenfruchtbarkeit Beiträge. Verlag Praxis u. Forschung, Oldenburg (1955)
- SAUERLANDT, W. und
K. v. GIERKE
Der Einfluß jährlicher Strohgabe auf die Erträge und einige Bodeneigenschaften. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 94, 104-115 (1961)
- SCHAEFFLER, H. und
J. ECKOLT
Stroh- und Stallmistdüngung, ein 5-jähriger Leistungsversuch. Prkt.-Bl. für Pflanzenbau u. Pflanzenschutz 54, 4, S. 125 (1959)

- SCHAEFFLER, H. und
J. ECKOLT Einfluß verschiedener Formen der Stroh-
und Stallmistdüngung auf Bodenfrucht-
barkeit und Bodenleistung. Bayer. Landw.
Jahrb. 37, 325-347 (1960)
- SCHACHTSCHABEL, P. Die Umsetzung der organischen Substanz
des Bodens in Abhängigkeit von der Bo-
denreaktion und der Kalkform. Z. Pflanz-
energernähr., Düng., Bodenk. 61, 146-163
(1953)
- SCHAEFFER, G. Atmungskurven des Bodens unter dem Ein-
fluß langjähriger verschiedenartiger
Düngung. ibd. 67, 219-230 (1954)
- SCHAEFFER, F. und
Y.M. KARAPURKAR Die Abhängigkeit der Nitrifikation von
der Zusammensetzung und der Abbaugeschwindigkeit der organischen Substanz.
Kühn-Arch. 37, 143-172 (1934)
- SCHAEFFER, F. und
A. KLOCKE Die Humusfrage in der viehlosen Wirt-
schaft. Kurzberichte für Landw. u. Er-
nährung 12, 921 (1957)
- SCHAEFFER, F. und
B. ULRICH Lehrbuch der Agriculturchemie und Boden-
kunde. III. Teil: Humus und Humusdüngung.
Bd. 1. F. Enke Verlag, Stuttgart (1960)
- SCHMALFUSS, K. Über die Wirkung des Kalkstickstoffs
und anderer Stickstoffdünger auf die
biologische Tätigkeit des Bodens.
Bodenk. u. Pflanzenern. 2 (47), 110-120
(1937)
- SCHMALFUSS, K. und
G. KOLBE Feldversuche mit Strohdüngung. Dtsch.
Landwirtschaft 10, 343-347 (1959)
- SCHMALFUSS, K. Pflanzenernährung und Bodenkunde.
S. Hirzel Verlag, Leipzig, S. 210-222
(1963)
- SCHMIDT, K. Eine Literaturübersicht über den gegen-
wärtigen Stand der Strohdüngung. Z. Land-
wirtsch. Vers. Unters.-Wesen 10, 5-20
(1964)
- SCHMIDT, K. und
H. UNGER Untersuchungen über die Auswirkung der
Strohdüngung im Vergleich zur üblichen
sowie jährlichen Stallmistdüngung auf
den Pflanzenertrag und die zellulolyti-
sche Aktivität des Bodens. Thaer-Arch.
12, 227-239 (1968)

- THEMLITZ, R. Stickstoff als Mittel zur gesunden Humuswirtschaft im Wald. Landwirtsch. Wochenblatt, Nr. 2 (1957)
- TODOROVA, B. Der Einfluß von Stallmist und Gründüngung auf den Ertrag und die Entwicklung einiger Gruppen von Mikroorganismen. 1966 (Referat in Landwirt. Zbl. II Jg. 12, S. 91 (1967)
- TÖRNE, E. v. Über den Verlauf der Zelluloserotte unter biotisch verschiedenen Versuchsbedingungen. Pedologia, Jena 6, 226-237 (1966)
- TREGGI, G. Sul potere anticrittogamico della calciocianamide. Nota III: Comportamento, in presenza di calciocianamide, di Sclerotium Rolfsii Sacc. Istituto di Patologia vegetale e Microbiologia Agraria-Università di Pisa, 8 S.(1961)
- TREGGI, G. e O. VERONA Sull'Azione anticrittogamico della calciocianamide. Nota V: Comportamento, di fronte alla calciocianamide, di alcune specie di Ustilago. ibd. 8 S.(1962)
- UNGER, H., O. KNABE u. H. KALTOFEN Der Einfluß unterschiedlicher N-Gaben auf Pflanzenenertrag, den Zelluloseabbau und die N-Bilanz in einem Gefäßversuch mit Gräsern. Dtsch. Akad. Landwirtsch.-Wiss. Berlin, Tag. Ber. Nr. 98 (1968) Refer. landwirt. Zbl. II Jg. 13, S. 1312 (1968)
- VERMA, S.B.S. Zum Problem des quantitativen Nachweises der Mikroflora des Bodens mit der Methode Koch. Diss. Gießen (1964)
- VERONA, O. e P. GAMBOGI Affect of calcium cyanamide on the spore germination and the mycelial growth of some phytopathogenic fungi. (Ital.) Estrato d L'Agricoltura Italiana - Anno LXX (XXV N.S.), 24-33 (1970)
- VERONA, O. e G. PICCI Utilizzazione di alcuni composti azotati da parte qualche fungo cellulosolitico. Estrato da L'Agricoltura Italiana - Gennaio Febbraio (1968)
- VETTER, H. Strohverwertung und Humusversorgung. Landwirtschaft-angewandte Wiss. Nr. 87 (1958)

- WAGNER, P., R. DORSCH,
S. HALS u. M. MOPP Die Verwendbarkeit des Kalkstickstoffs
zur Düngung der Kulturpflanzen. Die Land-
wirtsch. Versuchsstationen 66, 285-372
(1907)
- WAKSMAN, S.A. Cultural studies of species of actinomy-
ces. Soil Sci. 8, 71-215 (1919)
- WAKSMAN, S.A. Soil Microbiology. John Wiley Verl.
New York (1952)
- WERNER, E. Die Ernährung der Larven von Potosia
cuprea. Ein Beitrag zum Problem der
Zelluloseverdauung bei Insektenlarven.
Z. Morphol. Ökol. 6 (1926). Zit. n.
MÜLLER, G. (1965)
- WOLFF, A. und G. WOLFF Über den Einfluß des Kalkstickstoffs
auf die Mikroflora des Bodens. Zbl.
Bakt. II 8, 221-230 (1930)
- WOSNJAKOWSKAJA, Ju. Der Einfluß des Wurzelsystems des Wei-
zens auf die Mikroflora des Bodens.
(Russ.) Mikrobiology 17, 458 (1948).
Zit. n. IMSCHENEZKI (1959)

Zum Abschluß dieser Arbeit möchte ich meinem sehr geehrten und geschätzten Lehrer, Herrn Professor Dr. Hans Glathe, der mir die Anregung und Möglichkeit zur Durchführung dieser Arbeit gab, und der mir in jeder Hinsicht großzügige Unterstützung und Förderung zuteil werden ließ, recht herzlich danken, denn gerade in seinem Institut für landwirtschaftliche Mikrobiologie in Gießen, umgeben von seinen Mitarbeitern, denen ich für ihre herzliche Aufnahme und stete Hilfsbereitschaft aufrichtig danke, habe ich die Freiheit der Wissenschaft und die Würde des Menschen als oberstes Gebot kennen- und schätzengelernet.

Dem neuen Direktor des Instituts, Herrn Professor Dr. E. Küster, danke ich wärmstens dafür, daß er die Fortsetzung dieser Arbeit förderte.

Dank schulde ich vor allem Fräulein E. Vogt und Frau H. Ottow für die gewissenhafte technische Mitarbeit und die Anfertigung der Aufnahmen.

Der Forschungsgemeinschaft der Kalkstickstoff-Erzeuger, vor allem Herrn Direktor Dr. Kiesling und den Betreuern der Feldversuche, sei für die Bereitstellung von Untersuchungsmaterial gedankt.

Nicht zuletzt danke ich dem Ministerium für Landwirtschaft in Kairo, V.A.R., daß sie mein Studium in Deutschland ermöglichten, der Studienmission der V.A.R. in Bonn für ihre gewissenhafte Betreuung sowie dem Deutschen Akademischen Austauschdienst in Bad Godesberg für das 5-jährige Stipendium.

Als Bürger der Vereinigten Arabischen Republik danke ich dem deutschen Volke, in der Hoffnung, daß die von mir erlebte fruchtbare Zusammenarbeit zwischen beiden Völkern weiter gedeihen möge.

Lebenslauf

Als Sohn des Gymnasialdirektors Mohamed Alaa El-Din und seiner Ehefrau Soaad El-Shabrawi wurde ich am 5.4.1941 in Mansoura/ Ägypten geboren.

Nach 6-jährigem Besuch der "Primery School" in Sefta (Nildelta) besuchte ich von Herbst 1952 an die "Secondary School" in Bany Masar (Oberägypten), wo ich 1955 das Zeugnis der Mittleren Reife erwarb. Nach weiterer 3-jähriger Schulzeit in Alexandria machte ich im Juli 1957 das Abitur. Nach 8-semesterigem Studium an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Alexandria erwarb ich im Juni 1961 den Grad des B.Sc. (agr.) in Bodenkunde. Bis zum Oktober 1964 arbeitete ich als Assistent (demonstrator) in dem "Dept. of Soil Science" der Landwirtschaftlichen Fakultät der "Ain Shams Universität" in Kairo. Während dieser Zeit war ich mit den Untersuchungen für die Erwerbung des M.Sc. in Bodenchemie beschäftigt, die jedoch nicht abgeschlossen wurden, weil ich vom Ministerium für Landwirtschaft der V.A.R. ein Stipendium zur Promotion in der Bundesrepublik Deutschland erhielt. Nach einem 6-monatigem Sprachkursus im Goethe Institut in Brilon Stadt setzte ich im Mai 1965 meine Studien an der Justus Liebig-Universität in Gießen fort. Nach dem Diplomexamen im Juli 1966 erhielt ich als Doktorand bei Herrn Professor Dr. Glathe im Institut für landwirtschaftliche Mikrobiologie in Gießen das Thema der vorliegenden Arbeit.

